



HAL
open science

Le matérialisme scientifique et/ou métaphysique de Jacques Monod

Roselyne Le Gall

► **To cite this version:**

Roselyne Le Gall. Le matérialisme scientifique et/ou métaphysique de Jacques Monod. Philosophie. Université Paris sciences et lettres, 2017. Français. NNT : 2017PSLEE075 . tel-01951898

HAL Id: tel-01951898

<https://theses.hal.science/tel-01951898>

Submitted on 11 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT

de l'Université de recherche Paris Sciences et Lettres
PSL Research University

Préparée à l'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

Soutenu par Roselyne **LE GALL**
le 28 octobre 2017

Dirigée par **Paul CLAVIER**
Co-dirigée par **Michel Morange**

COMPOSITION DU JURY :

M. LAMBERT Dominique
Université de Namur, Rapporteur

M. NOUVEL Pascal
UFR TOURS, Rapporteur

M. CLAVIER Paul
ENS, membre du jury

M. MORANGE Michel
Paris 6- ENS, Membre du jury

M. NOUVEL Pascal
UFR TOURS, Membre du jury

M. LAMBERT Dominique
Université de Namur, Membre du jury

Le matérialisme scientifique et/ou métaphysique de Jacques MONOD.

Avant-Propos.....	5
Introduction	8
Première partie : les découvertes de J. Monod	21
I. Les apports scientifiques en biologie moléculaire.	21
1) La détermination génétique et ses modèles.....	30
a) L'opéron, découvert en 1961, devient le modèle de l'activité des gènes, en tant que modèle de régulation.	30
b) Le modèle de l'allostérie fait son apparition dès 1961 déjà, mais il n'est formalisé scientifiquement qu'entre 1963 et 1965.	40
2) « La quintessence du code » : le mécanisme du code génétique, à l'origine de l'invariance et de la téléonomie.	67
a) L'invariance par réplication.....	69
b) Le mécanisme de la traduction.....	75
3) Rôle des mutations aléatoires et de la sélection naturelle.	88
a) Les mutations aléatoires	89
b) La sélection naturelle	113
c) Application de cette théorie à l'exemple de l'œil :	129
4) Les lois de la physique et de la chimie, appliquées au vivant, par la biologie moléculaire. ...	149
5) Les énigmes non résolues de la biologie.....	164
II. La méthode : un emploi renouvelé de la méthode hypothético-déductive.	172
1) Continuité et rupture	172
2) Les points de méthode originaux employés par Monod.	175
3) Le postulat d'objectivité	182
4) Réductionnisme et holisme	202
Deuxième partie : L'interprétation philosophique par Monod de ses propres découvertes.....	219
I. Deux principes explicatifs du vivant : le hasard et la nécessité.	220
1) Le hasard.....	227
a) Distinction hasard essentiel/hasard opérationnel.....	229
b) Hasard intrinsèque et objectif.....	233
c) Hasard : liberté créatrice, absolue mais aveugle	235
2) La nécessité : exprimée dans l'émergence et la téléonomie.....	259
II. Le couple de concepts invariance/téléonomie.	297
III. Une clé d'interprétation : la cybernétique.	325
IV. Le primat du génétique.	338
V. L'émergence : un concept en gestation.	347
Troisième partie : les implications métaphysique et éthique, d'une telle conception.....	358
I. Ce que cette position n'est pas : ni un vitalisme ni un animisme au sens large.	358
1) Cette position n'est pas un vitalisme.....	359
2) Cette position se démarque aussi de l'animisme.....	369
II. Ce qu'est cette position : un matérialisme scientifique.	378
III. Passage du matérialisme scientifique à une métaphysique naturaliste athée.	387

IV. L'éthique devient une éthique de la connaissance. La recherche du bien par l'homme se trouverait-elle disqualifiée ?.....	405
Conclusion.....	462
Annexes	471
1) Analyse structurale de <i>HN</i>	473
2) Glossaire	501
3) Tableaux synoptiques des neuf chapitres de <i>Hasard et Nécessité</i>	509
4) Traduction du texte de Monod pour le colloque de 1969 portant sur « La place de la valeur dans un monde de faits », intitulé « On values in the Age of science. ».....	Erreur ! Signet non défini.
BIBLIOGRAPHIE :.....	518

Avant-Propos.

Il me paraît non seulement enrichissant mais également vital pour nos choix humains, que la culture scientifique et la culture humaniste ne se scindent pas en deux univers clos et étanches mais se rencontrent et dialoguent. Le Colloque de l'Unesco de 2004 insiste, en ce sens, sur cette collaboration pour que la dignité humaine soit promue comme valeur essentielle, dans sa singularité tout autant que dans son universalité. « L'alliance, en chaque être humain, de l'intellect et de la morale constitue le fondement de sa dignité, et c'est cette alliance qu'il lui convient de cultiver et d'approfondir afin de s'élever, et de devenir plus humain. »¹ En cette période où les savoirs sont de plus en plus éclatés, nous pouvons saluer, à cet égard, l'initiative qui revient également à l'Unesco d'avoir souhaité éditer, en ce sens, depuis longtemps déjà, la première parution remontant à 1968, en collaboration avec de nombreux experts internationaux, une *Histoire du développement scientifique et culturel de l'humanité*. Ce projet a connu un succès important et cela montre combien cette initiative répond à un réel besoin de partage de connaissances et de dialogue entre les cultures.

Cette modeste étude voudrait contribuer à instaurer un dialogue avec nos contemporains, issus de différentes formations, qui cherchent un sens à la vie qui nous est offerte. Plus précisément, je voudrais contribuer à mettre en valeur une collaboration interdisciplinaire possible entre l'enseignement de la biologie et celui de la philosophie. De nombreux colloques depuis 2008 ont choisi, pour thème de réflexion, la façon de transmettre en classe de sciences de la vie et de la terre la théorie et le fait de l'évolution. Ma formation initiale est la philosophie mais avec Canguilhem, je pense que la philosophie qui ne pose pas un regard curieux sur les découvertes scientifiques perd une grande partie de son intérêt.

Ce travail de recherche est né, plus précisément encore, suite à un désir d'établir une position qui soit la plus juste possible, face à l'affirmation souvent rapide et peu fondée du caractère obsolète de la notion de création ou d'un Créateur, en raison de l'avancée des sciences, et particulièrement de la biologie. Cette affirmation se réfère précisément le plus souvent, pour rejeter la présence possible d'un Créateur, à la théorie de l'évolution. Nous retenons les fermes propos d'Yvon Quiniou, lors du séminaire national qui avait pour objet « Enseigner l'évolution » organisé par le Ministère de l'éducation nationale les 13 et 14 novembre 2008, affirmant que la théorie de l'évolution ne saurait imposer un athéisme métaphysique, même si l'objet scientifique à traiter impose un "athéisme méthodologique" et une critique des croyances religieuses portant sur le monde physique. Athéisme méthodologique légitime au

¹ Compte rendu du CNRS, (2004), communication de Gérard Toulouse, « Le mouvement éthique dans les sciences : Pourquoi maintenant ? Pourquoi si tard ? » pp. 125-126.

sens où, comme nos travaux le mettront clairement en lumière, le scientifique ne fait pas, - car il n'a pas à le faire dans l'acte même qui définit la recherche scientifique - intervenir Dieu dans l'explication du déroulement et l'enchaînement des causes naturelles. Pour traiter la question de très près, et de façon la plus appropriée possible, il nous a semblé judicieux de mener une recherche à partir d'un texte écrit par un biologiste qui a voulu fonder une philosophie de la nature.

Nous avons choisi le texte de Jacques Monod, *Le Hasard et la Nécessité*, qui semble, à première vue, écarter de tout champ de connaissance la possibilité de l'existence de Dieu, au nom de la science et des résultats scientifiques dont il est, en partie, à l'origine et qui a marqué et marque encore notre époque, puisqu'il est encore très fréquemment cité par ses adeptes comme par ses adversaires. Cet ouvrage demeure véritablement en France, un peu moins de cinquante ans après sa parution, qui a eu lieu en 1970, une référence incontournable. Cinquante années précisément nous séparent de *La leçon inaugurale* de Monod, elle qui fut prononcée au Collège de France du 3 novembre 1967. Ces textes s'inscrivent dans cette toute nouvelle rupture épistémologique initiée par la génétique, et plus spécialement par la biologie moléculaire, qui instaure un véritable nouveau paradigme² au sens où Thomas Kuhn emploie ce terme dans son étude sur *La structure des révolutions scientifiques*. Notre projet consiste à voir les tenants et les aboutissants de la philosophie naturelle qui s'y trouve proposée, ses soubassements à la fois scientifiques et métaphysiques, pour entrer en discussion avec les assertions des thèses avancées. Nous souhaitons par les débats instaurés, après l'exposé de chacun des apports de Monod en chacune des matières abordées, montrer comment articuler les termes en présence et en quel sens faire jouer les notions pour que nos conclusions, sous la forme d'un arbitrage, permettent d'instaurer une alternative intellectuelle, qui permette, dès lors, la possibilité d'une ouverture à un champ métaphysique, qui ne soit pas nécessairement matérialiste.

C'est en partant de l'exposé de J. Monod dans ce texte, alimenté de toutes les autres sources écrites de ce chercheur dont nous disposons, que nous allons exposer tout d'abord, puis discuter ensuite, les thèses présentées. En effet, le caractère novateur de ces thèses, à partir des découvertes relatives, est mis en lumière dans *HN* avec beaucoup de clarté. Nous serons sensibles à la très grande précision et à l'ardeur pédagogique, d'un discours présenté sous une « forme démonstrative » - au sens où Claude Bernard emploie cette expression³ avec laquelle Monod dévoile les apports scientifiques de la nouvelle science de la génétique, auxquels ses

² Thomas Kuhn, (1983), pp.71-81.

³ C. Bernard, [1865] (2008), pp. 97-98. « La forme *démonstrative* ou affirmative qu'emploie l'homme qui sait ou croit savoir et qui veut instruire les autres. »

propres recherches ont beaucoup contribué. En revanche, nous mettrons en évidence les points problématiques de certaines de ses analyses, non pas de façon générale, mais en le suivant dans l'exercice de son exposition. Nous indiquerons, en particulier, les moments de la réflexion où l'exposé sort de l'investigation scientifique, sans le dire explicitement, pour aborder la question métaphysique de l'homme dans l'univers, en déniait toute finalité à l'un et à l'autre et donc toute possibilité d'en référer à un principe transcendant qui serait à l'origine et de l'univers et de l'homme.

Pour discuter ces thèses, nous les confronterons avec des auteurs qui, en vis-à-vis, ne pensent pas comme Monod et, au contraire, maintiennent, la possibilité de l'hypothèse d'un Créateur, voire s'y montrent favorables, tout en affirmant l'insuffisance ou plutôt l'incompétence de l'investigation scientifique en la matière. Cette incompétence ne signifie nullement l'inutilité d'une approche scientifique du réel, telle que celle menée par Monod, qui permet d'en approfondir la richesse, d'en voir la beauté et surtout, - ce qui est le plus important sans doute dans la perspective qui nous occupe -, qui permet aux vraies questions de surgir, une fois écartées toutes les explications erronées le concernant. Mais, la science procède par erreurs surmontées, et ce qui est vérité scientifique aujourd'hui trouvera nécessairement à être complété, voir modifié considérablement dans un temps plus ou moins lointain. Il reste que certaines vérités une fois établies, quand bien même elles peuvent encore être approfondies, demeurent : depuis que la science a établi que l'orage n'était pas dû à une colère de Jupiter mais à la rencontre de deux champs électriques, on n'est pas revenu sur ce type d'explication, et cela fut un grand pas pour la réflexion humaine. Ainsi, la science aide à faire reculer toutes les superstitions de ce type, et par là même ouvre le champ à une réflexion métaphysique purifiée de nombreux *a priori* et préjugés.

Introduction

Pourquoi le choix des termes en présence dans l'intitulé de notre recherche : « Matérialisme scientifique et/ou métaphysique de Jacques Monod. » ?

Nous entendons par matérialisme scientifique le fait que les objets du monde naturel s'expliquent par des causes naturelles rendant compte de différents états de la matière. « Pour le matérialisme scientifique, les objets et événements du monde naturel peuvent s'expliquer en fonction de leurs propriétés matérielles. »⁴ Pour ce matérialisme, auquel chaque science particulière doit souscrire, du fait que chacune s'occupe d'un objet particulier, les méthodes pour étudier la nature imposent une recherche des causes à l'origine des états de la matière en question : il s'agit d'effectuer la recherche des causes efficientes matérielles transformant cette matière, qui se situent donc sur un plan strictement matériel. De fait, le matérialisme scientifique, qui impose une recherche des causes de la matière, doit épouser l'objet matériel dont s'occupe chaque science particulière. Si donc les méthodes, pour étudier la matière, sont différentes en fonction de leur objet, la visée matérialiste de chaque science a pour projet l'unification de toutes les sciences capables de mettre en évidence l'ensemble des causes matérielles et efficientes à l'œuvre dans l'univers et au sein des organismes vivants que nous connaissons. Yvon Quiniou fait observer, en ce sens, qu' « il n'y a d'activité scientifique véritable que dans l'horizon méthodologique du matérialisme. »⁵ C'est la méthodologie scientifique initiée par Bacon et Descartes qui ouvre la voie à ce type de matérialisme. Claude Bernard définit au XIX^e siècle, les diverses démarches nécessaires pour instaurer une méthode adaptée aux sciences expérimentales. C'est en partie de cette méthode, comme nous le verrons, dont se réclame Monod. Il la réévalue cependant et la complète à la lumière des nouveaux critères de vérité scientifique qui se dégagent du modèle instauré par Boltzmann, d'une part, et, d'autre part, du modèle aisément réfutable de Popper, modèle seul en mesure, aux yeux de Monod, de faire progresser la science. C'est entre ces deux tendances que peuvent se trouver en partie éclairées les deux références mises en exergue par Monod, à savoir la référence à Démocrite, promoteur des atomes et du vide, selon qui « tout ce qui existe dans l'univers est le fruit du hasard et de la nécessité »⁶ ainsi que la référence au mythe de Sisyphe de Camus, « qui enseigne la fidélité supérieure qui nie les dieux et soulève les

⁴ K.R. Miller, (2009), p. 46.

⁵ Collectif sous la direction de Jean Dubessy et Guillaume Lecointre (2001), p. 145.

⁶ J. Monod, (1970), première épigraphe mise en exergue avant la Préface.

rochers »⁷ dont le caractère sempiternel de la tâche ne lui ôte pas, lui confère même peut-être, le bonheur de la conscience de sa dignité, à travers l'effort et « la lutte vers les sommets. »⁸

La méthodologie scientifique, en l'occurrence ici, celle mise en acte par Monod, se propose d'expliquer tout l'univers et les vivants qui en sont issus, à la lumière des résultats de la biologie moléculaire, par l'efficience des causes naturelles matérielles. Nous avons conscience du hiatus entre les concepts de nature et de matière. L'idée de nature sur laquelle Pierre Hadot met l'accent dans *Le voile d'Isis* porte sur la nature comme puissance de vie, dont le sens antique de φύσις signifie « productivité et éclosion spontanée. »⁹ Cette dimension de la vie de la nature en tant que telle semble échapper à la méthodologie scientifique. Bergson médite beaucoup sur cet aspect de la vie de la nature qui risque d'être occultée par la méthode scientifique dans *La Pensée et le mouvant*, lui qui souligne « combien est relative la connaissance scientifique « symbolique par concepts préexistants qui va du fixe au mouvant »¹⁰ ; très différente est « la connaissance intuitive qui adopte la vie même des choses. »¹¹ Bon nombre de paragraphes font également état de cette différence dans *L'Energie spirituelle*. Il suffit ici de faire mention de la conception bergsonienne selon laquelle « la matière est inertie, géométrie, nécessité. Avec la vie apparaît le mouvement imprévisible et libre. »¹² Cette perspective différenciant nature et matière peut servir, à elle seule, à introduire la réflexion visant à définir ce qu'est le matérialisme métaphysique.

Par matérialisme métaphysique, nous entendons une option philosophique tenant à ramener l'ensemble des solutions des questions métaphysiques posées comme relevant de la matière. Celle-ci, en définitive, permettrait non seulement d'expliquer le déploiement de l'univers et des vivants mais serait également le principe auto-suffisant qui les fonde. Pour une métaphysique matérialiste, la matière est considérée comme totalement indépendante ou auto-suffisante ontologiquement, c'est-à-dire qu'elle ne doit sa propre existence qu'à elle-même et qu'elle est donc le fondement premier et ultime de tout ce qui existe. Autrement dit, il n'existe rien, en dehors de la matière. Toute la question est donc dès lors de savoir si, effectivement, la matière peut être, ou non, le fondement ontologique d'elle-même. En effet, la question qui consiste à chercher à savoir si tout est produit à partir de la matière, comme la science tend à le démontrer, est différente de celle qui cherche à savoir si la matière, en tant que telle, est

⁷ J. Monod, (1970), seconde épigraphe mise en exergue avant la Préface.

⁸ J. Monod, (1970), seconde épigraphe mise en exergue avant la Préface.

⁹ P. Hadot, (2004), p. 353.

¹⁰ H. Bergson [1938], (1985), p. 216.

¹¹ H. Bergson [1919], (1993), p. 216.

¹² H. Bergson [1919], (1993), p. 12.

compréhensible seulement et uniquement à partir d'elle-même ou si, ce qui est tout aussi envisageable, elle relève d'une entité métaphysique.

Nous voyons que cette question se trouve initialement formulée chez les grecs par Aristote au livre I de la *Métaphysique*. Aristote passe en revue les principales affirmations des présocratiques posant l'un des quatre éléments, l'eau, selon Thalès, le feu, d'après Hippase de Métaponte et Héraclite d'Éphèse ou l'air, de l'avis de Diogène et Anaximène, comme premiers éléments matériels auxquels Empédocle ajouta la terre, au principe de tout ce qui existe.¹³ « La plupart des premiers philosophes croyaient que les principes d'essence matérielle étaient les seuls principes de toutes choses, »¹⁴ ce qui ne va pas de soi précisément pour Aristote. La question pour Aristote n'est plus dès lors : « d'où vient la matière telle que nous la voyons », mais déjà celle qui sera reprise, en d'autres termes par Leibniz, à savoir : « d'où vient qu'il y ait de la matière », celle-ci n'étant problématiquement peut-être pas le seul principe de toute chose. Aristote, en métaphysicien, voit, ajouté à la cause matérielle trois autres causes régissant les êtres, la cause formelle, la cause motrice et la cause finale, faisant en définitive de celle-ci la raison de l'accomplissement pour chaque être de son bien propre.¹⁵ Aristote en vient, à partir de ces analyses, à la nécessité de faire intervenir, à un niveau suprême, pour en assurer le fondement, une Cause des causes, qu'il attribue à Un Être Absolu, Acte absolument pur, qu'il appelle Dieu. Donc nous voyons comment la recherche de l'efficience et des causes matérielles a pu s'ouvrir, dans la culture occidentale, née en Grèce, aux problèmes de l'ontologie et de la théologie. Le débat sur hasard et nécessité, auquel Monod va s'affronter remonte aux présocratiques. Platon le résout à sa manière dans le *Timée* : il attribue un rôle, dans la formation de l'univers et des vivants, bien avant Monod, à ce qu'il nomme la "cause errante," évoquant en cela une forme de hasard, « il faut faire intervenir l'espèce de cause errante et sa propriété de produire du mouvement »¹⁶ et à la nécessité, un statut important dans l'histoire de la production des êtres ; et il y ajoute, sur un plan métaphysique, l'intelligence. « La génération de ce monde est le résultat de l'action combinée de la nécessité et de l'intelligence. »¹⁷

Ces auteurs grecs distinguent déjà la question scientifique « de quoi notre monde est-il fait ? » de celle qui porte sur la question ontologique et métaphysique qui revient à questionner le fait

¹³ Aristote, (1974), pp. 30-31.

¹⁴ Aristote, (1974) A, 3, 983 b 6-8, p. 27.

¹⁵ Aristote, (1974), Δ 2, p. 247.

¹⁶ Platon, (1969), p. 426.

¹⁷ Platon, (1969), p. 426.

même qu'il y ait un monde, question qui jaillit d'un étonnement primordial et radical portant sur le fait même que le monde existe.

Cette question des anciens philosophes grecs se trouve être toujours d'actualité, même si les résultats des sciences contemporaines aident à en renouveler les contours.

Comment la conception matérialiste, au plan métaphysique, des « premiers philosophes », déjà décrite par Aristote s'en faisant l'écho, s'est-elle répercutée, puis modifiée tout au long de l'histoire de la pensée occidentale et en quoi consiste-telle ? L'affirmation matérialiste la plus constante, qui court à travers les siècles, consiste à soutenir « qu'il n'y a rien en dehors de la nature »¹⁸, comme l'énonce F-A. Lange, dans l'*Histoire du matérialisme* dont Nietzsche fut, en son temps, lecteur. En ce sens, le courant matérialiste existe depuis la physique des présocratiques, même si le terme même de « matérialisme », en tant que tel, apparaît, pour la première fois à la fin du XVIIIe siècle, comme le fait remarquer ce dernier, sous la plume du physicien anglais Boyle et au début du XVIIIe siècle, chez Leibniz dans sa *Réplique aux réflexions de Bayle* de 1702. Ce n'est donc que rétrospectivement que les conceptions des anciens philosophes grecs cherchant quel était le premier principe de la matière ont donc été qualifiés de matérialistes. Pour ces deux auteurs que sont Boyle et Leibniz, il s'agissait précisément de caractériser une conception métaphysique qui traduisait le fait non seulement de tout expliquer par la matière mais aussi le fait d'affirmer qu'il n'existe rien en dehors de la matière. « Le matérialisme de l'antiquité, parvenu à sa maturité, fut immédiatement et ouvertement dirigé contre la religion, dont Lucrèce regardait le complet anéantissement comme l'œuvre la plus importante de l'humanité. »¹⁹ Par conséquent, ce matérialisme était d'emblée, tout à la fois, une conception scientifique et une conception ontologique. La notion de matérialisme est due ensuite aux auteurs de XVIIIème siècle. Buffon disait : « Le vivant et l'animé, au lieu d'être un degré métaphysique des êtres est une propriété physique de la matière. »²⁰

A côté de ce courant matérialiste, au plan scientifique et métaphysique existe tout un courant déiste, d'une part, pour qui Dieu est une entité impersonnelle, ou théiste, d'autre part, pour qui Dieu est une personne, selon la distinction kantienne,²¹ qui s'exprime avant tout dans le spiritualisme chrétien. La Mettrie, dans un passage bien connu de *L'homme Machine*²² présente une description de ces deux principaux courants de la philosophie occidentale, que

¹⁸ F-A. Lange, (1879) *Histoire du matérialisme*, tome II, p. 145.

¹⁹ F-A. Lange, (1879) tome II, p. 526.

²⁰ Buffon, (1954) chap. I, p. 238.

²¹ E. Kant, [1771] (1980) p. 447.

²² La Mettrie, (1981), p. 126-129.

sont le matérialisme athée et le spiritualisme. A cette époque, le courant spiritualiste se fondait sur le raisonnement suivant : il y a une unité dans la diversité qui témoigne d'un plan savant relevant d'un architecte divin. Un ordre providentiel y est décelable, qui incite à dénier que l'univers et les êtres vivants soient le produit du hasard.

Avant d'ouvrir, à nouveaux frais, le champ de cette question métaphysique dans l'espace de ces travaux relatant notre recherche, donnons un rapide aperçu de ce qui s'est passé dans l'entre-deux, entre l'atomisme des grecs et les résultats actuels, qui nous donnent actuellement des raisons de distinguer le discours de la science actuelle des discours des philosophes grecs, sur le plan scientifique, tout en mesurant l'héritage qu'ils nous ont transmis.

Retraçons, à grands traits la façon dont les sciences modernes ont renoué, d'une certaine manière avec l'atomisme des anciens, pour établir l'ancrage dans lequel se situe Monod.

A la primauté de l'un des quatre éléments que sont l'eau, l'air, la terre, le feu, rassemblés sous un même chef par Empédocle, recensés plus haut, par l'analyse que nous en donne Aristote, a été formulée l'intuition de l'atome et du vide, confirmée, en partie, par-delà les siècles, dont seraient constituées les parties les plus élémentaires de la matière, intuition qui revient en premier à Démocrite, réinterprétée par Épicure. En effet, les sciences expérimentales, à partir du XIXe, siècle renouent avec le matérialisme des penseurs de la Grèce ancienne que sont Démocrite et Épicure, en remettant l'atome à l'honneur. Au XIXe siècle, c'est en Angleterre avec Dalton que la notion d'atome est reprise alors qu'on ne parlait encore, en France, avec Lavoisier, que d'éléments chimiques. Dans *Les Atomes* écrit en 1913, Jean Perrin attribue « au grand Dalton l'intuition géniale qui allait donner aux théories moléculaires une importance capitale dans la compréhension et la prévision des phénomènes chimiques. »²³ Il signale l'étymologie du terme a-tome, qui constitue les particules identiques des substances élémentaires, en la rapportant à leur propriété d'insécabilité. La science du XXe siècle va compléter ces vues avec l'école de Copenhague en particulier, qui a mis en lumière la difficulté de définir la matière elle-même, depuis la découverte des quanta par Planck. Celle-ci en effet, n'est plus assimilable à l'étendue cartésienne. « Cette étrange matière », comme l'appelle Alfred Kastler, a perdu les contours de ce qui faisait, dans la physique classique, toute sa consistance, parce qu'elle s'avère divisible à l'infini. Il est frappant de voir que Monod, citant Démocrite en exergue de *HN*, se réfère explicitement à la grande tradition atomiste. L'atomisme de Monod en 1970 se situe, en effet, à la jonction d'une conception de l'atome insécable et de l'atome éclaté qui se diffracte en divers particules tels les électrons,

²³ Jean Perrin, (1921), p. 44.

les neutrons, les protons, puis- décelés plus tard encore, - les quarks. La conception de Monod tient, en effet, à la fois de la thèse de l'atomisme insécable et de l'apport de la physique quantique : de l'atomisme classique, il retient le fait que toutes les particules sont rigoureusement identiques et interchangeable. Il énonce en effet l'identité absolue de deux atomes et admet que même à l'échelle quantique ce principe d'identité exprime encore une réalité substantielle.²⁴ Certes, il convient de souligner que le champ d'investigation de Monod porte davantage sur la molécule et la macromolécule que l'atome. En effet, la biologie moléculaire travaille principalement sur la molécule comme dernière unité de matière, en lien avec des corps composés et non pas sur l'atome, corps simple figurant dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev, qui sont, eux, l'objet de la physique. Le vide, lui aussi, est remis à l'honneur au XX^e siècle avec la notion de vide quantique. Celui-ci décrit un état d'énergie non matériel qui voit la formation de la matière dans ses constituants élémentaires puis dans des ensembles (galaxie, étoiles, planètes) qui permettent la formation des atomes plus riches de potentialité. Les matériaux ainsi constitués sont repris dans les êtres vivants. L'image du corps humain « poussière d'étoiles », pour reprendre l'expression mise au pluriel dans l'intitulé de l'ouvrage d'Hubert Reeves,²⁵ donne à penser au fait que la vie s'inscrit dans la continuité avec la cosmogénèse.

Pour esquisser, à grands traits, l'héritage scientifique beaucoup plus proche auquel Monod adhère encore, il faut souligner que celui-ci s'en tient à une vision déterministe de la science au sens où tout effet a une cause, et surtout que les mêmes causes entraînent les mêmes effets. Il s'appuie en particulier, comme nous le mettrons en évidence dans le cours de notre exposé, sur le principe de Curie qui énonce que la symétrie d'un effet reflète la symétrie des causes, pour établir certains de ses modèles. Concurrément à cette vision déterministe, Monod prend en compte le principe d'incertitude énoncé par Heisenberg, dans *La nature dans la physique contemporaine*, paru en 1955, sans pour autant l'adopter tout à fait, puisque à l'époque de Monod, il est encore envisageable que ce principe puisse être un jour abandonné. Ce principe d'incertitude implique deux effets majeurs : la prévision statistique de la position des atomes et un système d'interférence entre l'observateur et la chose observée. La biologie moléculaire va devoir tenir compte, par conséquent, de ce nouveau paradigme de la physique quantique et en cela, elle prend acte de la fin possible, et qui reste à discuter, d'un déterminisme strict en sciences physiques. L'idée d'un déterminisme régi par le principe de causalité n'impliquerait plus nécessairement un déterminisme total, au sens où l'entendait

²⁴ J. Monod, (1970), p.135.

²⁵ H. Reeves, (1984).

Laplace. Ce conflit portant sur la question de savoir s'il y a déterminisme ou indéterminisme en physique n'est d'ailleurs pas encore définitivement solutionné en 2017.

C'est dans ces différents contextes que va se développer en France la biologie moléculaire.

L'essor de la recherche inédite de la biologie moléculaire va tirer parti de certains blocages et retards inhérents à la situation française qui, à l'époque de Monod, existaient tant au niveau de la biochimie qu'au niveau de la génétique. En effet, la pauvreté de la biochimie française à l'époque de Monod, s'intéressant plus aux ions qu'aux protéines, et la génétique encore néo-lamarckienne, plus centrée sur le cytoplasme que sur le gène, firent que la biologie moléculaire trouva en France un terrain d'élection très favorable : sa recherche inédite va consister à s'intéresser à l'interaction gène/protéine, sans s'encombrer des impasses et des lourdeurs de protocoles de la biochimie et de la génétique en France. S'inspirant encore de la méthode de Claude Bernard, plus attentif à la physiologie qu'à la morphologie, les équipes scientifiques françaises vont s'attacher, dès lors, à expliquer l'adaptabilité du vivant sous contrôle génétique.

Le courant matérialiste dans lequel s'inscrit Monod est différent toutefois de celui qui s'est développé au XIX^e siècle qui a vu naître le courant marxiste : ce courant, représenté tout d'abord par Marx et Engels, repris au XX^e siècle par Althusser, illustre une forme de matérialisme qui lui aussi se réclame aussi de Démocrite puisqu'il accorde à la matière d'être le principe de sa propre consistance. Pourtant, le matérialisme de Monod refusera ce courant marxiste au motif qu'en raison de son aspect dialectique et téléologique, ce type de matérialisme s'expose à sortir des contraintes que s'impose le matérialisme scientifique.

En effet, Monod s'inscrit dès lors totalement dans le cadre d'un matérialisme scientifique refusant de considérer, en raison du postulat d'objectivité, qu'il faille insérer des causes finales comme causes explicatives des différents états du développement de la matière. L'intérêt de ce refus est qu'il peut ouvrir un nouveau champ de réflexion sur une réévaluation possible du questionnement métaphysique distinct du matérialisme scientifique.

C'est pourquoi, notre présente recherche va tenter de tester les deux hypothèses selon lesquelles les résultats scientifiques, dans le cadre de ce matérialisme scientifique, donneraient ou non tous les éclairages voulus pour fonder un matérialisme métaphysique. Cela revient à se demander si le choix d'un matérialisme scientifique implique nécessairement ou non un matérialisme métaphysique. Nous nous demanderons si et dans quelle mesure Monod a pu confondre ou non, dans certains cas, le matérialisme scientifique et le matérialisme

métaphysique. Nous engagerons les débats qui montreront, je l'espère, la raison pour laquelle ces deux matérialismes gagnent nettement à être distingués et donc la nécessité des distinctions à opérer pour conduire à des positions vraiment conséquentes.

Avant de procéder à un examen systématique des découvertes de la biologie moléculaire, initiées en grande partie par Monod, nous proposons à notre lecteur de se reporter à une analyse structurale du texte *Le hasard et la nécessité*, mise en annexe, réduisant le texte au dixième environ de sa longueur, que nous avons effectuée en tentant de respecter au mieux, dans son intégralité, la teneur des propos tenus par Monod et en y intégrant chaque fois les exemples pris par l'auteur. Nous avons établi un glossaire auquel il est possible de se reporter, en cours de lecture, pour clarifier les notions techniques du texte, qui pourraient le rendre difficile d'accès. Ceci afin de pouvoir, lors des débats menés à l'issue de la présentation de chacun des aspects des questions développées dans cette étude, tenir en main les éléments scientifiques indispensables et toutes les références culturelles permettant de comprendre ce qui conduit l'auteur à établir ses positions. En effet, par les débats ouverts à l'issue des thèses de Monod, nous viserons à mettre en évidence les points de bifurcations possibles offerts selon l'interprétation possible à donner à ces thèses. Se trouvent également en annexe, les neuf chapitres de *HN*, sous forme de neuf tableaux, offrant ainsi une vue synoptique encore plus concise pour retracer la synthèse opérée, de façon à la parcourir de nouveau en un simple coup d'œil.

Jacques Monod entend fonder avec son œuvre *Le hasard et la nécessité*, sous-titrée, *Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, désignée ci-après *HN*²⁶, publiée en 1970, une nouvelle philosophie de la nature. Il nous propose également, à l'appui des nouvelles données, une nouvelle éthique. Monod est en effet intimement persuadé que la « biologie est la plus signifiante de toutes les sciences ; celle qui a déjà contribué, plus que toute autre sans doute, à la formation de la pensée moderne, profondément bouleversée et définitivement marquée dans tous les domaines, philosophique, religieux et politique, par l'avènement de la théorie de l'Évolution. »²⁷ Les découvertes que la biologie apporte lui offrent la possibilité de repenser à nouveaux frais le vivant, et, parmi les vivants, l'homme en particulier, dans son rapport à l'univers. Dès son premier cours au Collège de France délivré pendant l'année 1969-1970, Monod entend parler de « philosophie naturelle de la biologie moderne », au sens où, dit-il, il s'agit d'une réflexion sur les « notions et leurs interrelations plutôt qu'une description des

²⁶ J. Monod, (1970) Nous donnerons toutes les références de *HN* dans l'édition du Seuil, Points, de 1970.

²⁷ J. Monod, (1970), préface p. 11.

notions elles-mêmes. »²⁸ Monod est décidé à bien mettre en lumière que « toute enquête scientifique, même si elle ne sait pas que c'est là son but ultime, contribue à élucider un peu plus les relations entre l'homme lui-même et l'univers. »

Les recherches d'Aristote dans *les Parties des animaux* et *Histoire des animaux* en particulier, le *Canon* d'Hippocrate²⁹, et plus tard, les traités d'*Histoire naturelle* de Plin l'Ancien témoignent déjà, dès l'Antiquité, d'une véritable enquête de nature biologique. La science de la biologie, qui n'est plus l'histoire naturelle, est relativement récente, dans son appellation, donc, tout au moins. En effet, c'est en 1802 que le terme de « biologie » désignant la science propre au vivant est forgé, par le naturaliste allemand Gottfried Reinhold Trevarinus, d'une part et par Jean-Baptiste Lamarck, d'autre part. Ce dernier remanie profondément « l'échelle de la nature » de complexité croissante déjà présente chez Aristote, qui indiquait un continuum des formes vivantes, en partant des minéraux, puis, passait par les végétaux, pour arriver aux animaux et à l'homme, hiérarchisé par conséquent du moins au plus animé³⁰. Pour Lamarck, l'ordre taxinomique correspond à l'ordre d'apparition des formes vivantes au cours de l'évolution. C'est ce nouvel ordre de complexité croissante du règne animal qu'il établit dans le fameux tableau généalogique placé dans sa *Philosophie zoologique*.³¹ Lamarck abandonne ainsi progressivement la conception d'une grande chaîne des êtres, selon une échelle linéaire qu'il reconnaissait encore en 1779, séparant en deux branches vertébrés et invertébrés dont il augmente sans cesse les classes puisqu'en 1794. Il les répartit en 5 classes comprenant mollusques, insectes, vers, échinodermes et polypes et en ajoute encore cinq en 1809. Il reste de la vision classique l'idée d'une complexité agissante de l'organisation selon un gradualisme qui ne professe plus une séparation absolue entre les espèces. En 1815, dans son *Introduction à l'histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, Lamarck offre des schémas qui évoquent une arborescence. La transition d'une espèce à l'autre se passe dans la continuité, il n'y a pas de rupture. La nature ne fait pas de saut, comme le veut l'énoncé leibnizien³² dans les *Nouveaux Essais*, repris, ensuite, dans la thèse du gradualisme darwinien. Michel Foucault met l'accent sur le fait que c'est Cuvier qui, le premier, « introduit une discontinuité radicale dans l'échelle classique des êtres ; et il a fait surgir des notions comme celles d'incompatibilité biologique, de rapports aux éléments extérieurs, de conditions d'existence ; il a fait surgir aussi une certaine force qui doit maintenir la vie et une certaine menace qui la sanctionne ; » et Foucault de conclure : « Là se trouvent réunies plusieurs des

²⁸ J. Monod, (1969-1970), Premier cours du 18.11.69, p. 3.

²⁹ Hippocrate, *Œuvres complètes*, Gallica.bnf.fr.

³⁰ Aristote, *Histoire des animaux*, VIII, 1, 588 b.

³¹ J-B. Lamarck, *Philosophie zoologique*, 1994 (1873) tableau généalogique du Règne animal, TII, p. 424.

³² G.W. Leibniz, [1765], (1990) *Nouveaux Essais sur l'entendement humain*, IV, 16, p. 374.

conditions qui rendent possible quelque chose comme la pensée de l'évolution. »³³ Selon cette analyse, la rupture de l'espace classique « sur la table des variations possibles », est vraiment opérée par Cuvier, rupture qui « a permis de découvrir une historicité propre à la vie : celle de son maintien dans ses conditions d'existence. »³⁴ Cuvier met en lumière le fait de la succession des formes, et, par sa théorie des embranchements, met fin à la vision fixiste des espèces. Cependant, selon l'éclairage qu'en donne Michel Foucault, « Lamarck ne pensait les transformations des espèces qu'à partir de continuité ontologique qui était l'histoire naturelle des classiques. »³⁵ Il y a encore, avec le transformisme de Lamarck, l'annonce d'une nature, principe de son propre développement. L'apport de Lamarck sera d'avoir opéré une distinction entre l'organisation interne du vivant qui va en se complexifiant et une adaptation externe des organismes, en fonction du milieu. Cette conception du « transformisme » se trouve liée à celle qui croit à - ce qu'il a été convenu d'appeler plus tard -, la « transmission des caractères acquis. »

Depuis, l'événement majeur fut l'arrivée, de ce nouveau « Newton du brin d'herbe » en la personne de Darwin. Cette nouvelle étape survient à l'encontre des certitudes philosophiques et scientifiques affirmées au XVIII^e représentées au premier chef par la position de Kant qui assurait, dans la *Critique de la faculté de juger*, qu'« il est, en effet, bien certain, que nous ne pouvons même pas connaître suffisamment les êtres organisés et leur possibilité interne d'après de simples principes mécaniques de la nature, encore bien moins les expliquer ; et cela est si certain que l'on peut dire hardiment qu'il est absurde d'espérer que puisse naître un jour quelque Newton qui fasse comprendre la simple production d'un brin d'herbe selon les lois de la nature qu'aucune intention n'a ordonnées. »³⁶

À cela s'ajoute tout l'apport de la biologie moléculaire au XX^e siècle que Darwin ne connut pas : la nouvelle théorie « synthétique » de l'évolution ou néo-darwinisme révolutionne en effet les cadres conceptuels de cette jeune science, dont Monod va se faire le porte-parole français. Cette nouvelle théorie scientifique voit le jour en janvier 1947, sous l'égide de Georges Simpson, Ernst Mayr et Théodore Dobzhansky, au cours du Symposium historique de Princeton, intitulé « *Genetics, Paleontology, and Evolution*. » Ceux-ci posent le primat des mutations accidentelles, produites par conséquent par hasard, et qui se trouvent sélectionnées quand elles s'accordent tant avec le milieu interne de l'organisme qu'avec le milieu externe de l'environnement. Ils s'écartent par là même considérablement de la simple hypothèse de l'« adaptation au milieu » du modèle lamarckien. Cette nouvelle théorie est dite

³³ M. Foucault, (1966), p. 288.

³⁴ M. Foucault, (1966), p. 288.

³⁵ M. Foucault, (1966), p. 288.

³⁶ E. Kant, [1790] (1968), §75, p. 214-215.

« synthétique » en ce qu'elle fait la synthèse entre les nouvelles données de la génétique, de la biologie moléculaire et de la génétique des populations. C'est à la lumière de cette nouvelle théorie scientifique que Monod veut s'attacher à refondre une « nouvelle unité conceptuelle » qu'il considère comme une nouvelle philosophie naturelle : « L'ambition avouée, disons plutôt l'idéal, de ma discipline serait d'apporter à la biologie l'entière unité conceptuelle qui lui fait encore défaut ». ³⁷

Du fait du domaine dans lequel il s'inscrit, à savoir le monde microscopique moléculaire, Monod conçoit sa recherche comme pluridisciplinaire, car il est évident qu'il y a des liens qui s'instaurent entre les recherches du biologiste et celle du chimiste et du physicien. « Une politique délibérée pourrait sans doute favoriser plus encore, dira-t-il, cette communication entre disciplines qui, pour être fructueuse, doit demeurer spontanée et libre, selon l'esprit même du Collège. Peut-être suis-je particulièrement sensible à ces problèmes, du fait que ma discipline, par son objet, se trouve à l'exacte limite du monde physique et du monde vivant. » ³⁸ De fait, après la théorie de la cellule élaborée au siècle précédent, les biologistes, durant la seconde moitié du XX^e siècle, s'attachent à mettre en évidence le monde vivant infra-cellulaire, grâce à différentes techniques nouvelles et aux instruments d'optique de plus en plus perfectionnés que sont les microscopes optiques et électroniques. La science de la biologie a dès lors pour objectif d'identifier les structures et les interactions moléculaires qui permettent à l'organisme de se développer tout en conservant sa norme structurale, ce qui suppose une étude très rigoureuse et quantifiée des processus physico-chimiques régissant les organismes vivants, et de concevoir également une théorie explicative de l'évolution des espèces compatible avec le principe d'entropie énoncé par le second principe de la thermodynamique. D'où l'extrême importance des données et des méthodes de la science physique, en tant que telle, pour la biologie : « Reposant entièrement sur les données et les méthodes des sciences physiques, ce sont les phénomènes biologiques les plus exclusivement caractéristiques du monde vivant qu'elle cherche à interpréter en termes de structures et d'interactions moléculaires. » ³⁹

Cependant, le vivant présente un paradoxe que l'inanimé et l'inerte, objets de la science physique et de la chimie, ne présentent absolument pas, à savoir qu'on ne peut faire l'impasse sur son caractère « finalisé ». Monod est aux prises avec ce problème central qu'il expose dès la préface de *HN* : comment concilier le postulat d'objectivité, qui seul rend possible la science et ses méthodes opérationnelles, avec l'apparente ou la réelle finalité, qu'il nomme

³⁷ J. Monod, *Leçon inaugurale* du 3 novembre 1967 au Collège de France, §2.

³⁸ J. Monod, (1967) §8.

³⁹ J. Monod, (1967) §8.

« par pudeur objective »⁴⁰ « téléonomie », visible dans la construction et l'organisation de tout être vivant ? « L'objectivité nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, à admettre que, dans leurs structures et performances, ils réalisent et poursuivent un projet. Il y a donc là, au moins en apparence, une contradiction épistémologique profonde. Le problème central de la biologie c'est cette contradiction elle-même, qu'il s'agit de résoudre si elle n'est qu'apparente, ou de prouver radicalement insoluble, si en vérité il en est bien ainsi. »⁴¹

Monod prolonge Darwin, en ce qu'il n'y a, pour lui, aucune intention décelable scientifiquement dans la nature : tout peut s'expliquer, selon lui, par deux principes explicatifs du déploiement de la biosphère : le hasard et la nécessité. Ces principes font-ils intervenir une analyse strictement physique ou bien la dépassent-ils ? Est-ce à dire pour autant, en vertu de ces principes, qu'il n'y ait absolument parlant aucune intention supra-naturelle pensable à l'œuvre dans l'univers, au sens où celle-ci serait récusée dans son existence par la science ?

Dans une première grande partie, nous présenterons tout l'intérêt des découvertes scientifiques de la biologie moléculaire relatées ou initiées par Monod. En seconde grande partie, nous ferons valoir l'interprétation philosophique par Monod de ses propres découvertes. En effet, Monod entend expliquer, en respectant « le postulat d'objectivité », propre à la méthode scientifique, tous ces processus mis en avant, par le hasard et la nécessité. Fait-il cette démarche d'un point de vue scientifique strictement ou bien également métaphysique ? Autrement dit, ces deux principes que sont le hasard et la nécessité font-ils intervenir une analyse de type strictement scientifique ou la débordent-ils ? En outre, en vertu de ces principes, une autre approche, de type également « métaphysique », mais posant la possibilité d'un Créateur, reste-t-elle possible ou non ? Cette possibilité se trouve-t-elle exclue par les affirmations de la biologie moléculaire ?

Enfin, en troisième grande partie, nous verrons que ce matérialisme scientifique se pose en s'opposant au vitalisme et à l'animisme. Cela nous conduira à nous ouvrir à la réflexion menée par Monod entre nature et culture. S'il est vrai que Monod se réclame d'un matérialisme athée sur le plan métaphysique, nous verrons que ce choix métaphysique va de pair avec l'option d'une nouvelle éthique : l'éthique de la connaissance dont nous envisagerons la grandeur et les possibles limites. Cela nécessitera que soient mis en lumière les présupposés et les conséquences de cette nouvelle conception de l'éthique. L'analyse de cette éthique appelée de ses vœux par Monod est en réelle proximité avec l'analyse sartrienne, en dépit de différences

⁴⁰ J. Monod, (1967) §12.

⁴¹ J. Monod, (1970) Fin du ch. 1 « D'étranges objets » p. 38.

certaines, et nous mettrons en lumière qu'elle risque de déboucher sur des apories semblables. Est-ce la seule voie d'analyse possible pour l'éthique ? L'utilisation des plus récentes découvertes en biologie du XXe siècle, au nom de laquelle Monod fonde celle-ci, ne gagne-t-elle pas à être complétée par d'autres approches contemporaines, telle l'approche phénoménologique, initiée en particulier par Ricœur ; ou celle encore de Simone Weil, présentant une ouverture à la transcendance. Certaines vues différentes également, comme celles de Levinas et de Hans Jonas, en particulier, nous aideront aussi à poursuivre ce dialogue instauré dans nos débats avec les vues de Monod, et donneront lieu à interpréter sa pensée, de façon sans doute souvent moins monolithique qu'elle n'y paraîtrait, peut-être, de prime abord.

Première partie : les découvertes de J. Monod

I. Les apports scientifiques en biologie moléculaire.

Dans les années 1930 à 1960, de grandes découvertes scientifiques révolutionnent la compréhension du vivant. C'est en 1944 que la nature chimique des chromosomes, porteurs des gènes, est révélée. O. Overy confirme que ceux-ci sont constitués d'acide désoxyribonucléique, sous le sigle désormais connu d'ADN. Puis, vient la connaissance de la composition chimique de cet ADN par Chargaff en 1950 ; s'effectue ensuite la découverte de sa configuration en double hélice en 1953, par Watson et Crick ; s'ensuit la lecture du code, en 1966, par plusieurs équipes de chercheurs, celle particulièrement de Marshall W. Nirenberg et celle de Har Gobind Khorana ; avancées toutes aussi remarquables que celle qui les suit : à savoir celle concernant les mécanismes de régulation de l'expression des protéines, découverte en bonne part par Jacques Monod, uni aux efforts des travaux de François Jacob et d'André Lwoff, et que Monod met très pédagogiquement en lumière, pour le grand public, dans *HN*.

Pénétrant dans ce domaine de l'infra-cellulaire, la nouvelle science de la biologie moléculaire est au point de rencontre de la biochimie et de la génétique. Monod va attirer l'attention sur le fait que l'activité des gènes peut être régulée par les protéines. Plus largement encore, il va montrer comment certaines protéines entrent en interaction avec l'ADN pour fabriquer d'autres protéines. Les relations entre ADN et protéines se trouvent dès lors mises en évidence.

À la différence de Wollman, Lwoff et Jacob qui se penchent sur l'étude de la lysogénie et la mise en valeur du prophage, c'est-à-dire du virus bactériophage incorporé au chromosome de la bactérie hôte, toute la recherche initiale de Monod se porte sur l'adaptation enzymatique.

Le questionnement de Monod commence par la recherche sur le mode de croissance des bactéries, objet de sa thèse en 1942, rééditée en 1958.⁴² Ce travail est devenu très rapidement un classique de la recherche biologique moléculaire. Monod va se concentrer très spécifiquement sur les besoins nutritifs des micro-organismes et plus précisément, il va étudier les phénomènes d'adaptation chez les bactéries. Le problème est de chercher à expliquer comment les mécanismes cellulaires permettent l'assimilation du substrat. Or, la croissance des cultures bactériennes obéit à de simples lois quantitatives. Ses toutes premières recherches portent donc directement sur la cinétique et la physiologie de la croissance

⁴² J. Monod, (1942), *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*.

bactérienne. Il existe une relation linéaire entre la concentration initiale de l'aliment et le maximum de densité atteint par les populations de bactéries en culture pure. Cependant, Monod démontre que le taux de croissance, lui, n'est pas une fonction linéaire de la concentration de l'aliment, mais une fonction identique à l'équation cinétique qui décrit la vitesse d'une réaction enzymatique, selon la concentration de substance contenue dans le milieu de culture. Puisque la vitesse de croissance est déterminée par une réaction de type enzymatique, Monod va s'intéresser aux aspects biochimiques de cette croissance, c'est-à-dire aux enzymes responsables des synthèses. Rappelons qu'un enzyme est une molécule de protéine capable de catalyser, c'est-à-dire de faciliter ou d'accélérer une réaction chimique déterminée sans intervenir dans les produits de la réaction et se retrouvant inchangée lorsque la réaction est terminée. Comme le définit Monod, « les enzymes sont des catalyseurs spécifiques ».⁴³

En particulier, l'enzyme qui va devenir le sujet classique de ses recherches ultérieures est la β -galactosidase, cet enzyme ayant pour fonction d'hydrolyser, c'est-à-dire de « défaire par l'eau » le lactose, ce qui lui permet d'être consommé et métabolisé. En cherchant à mesurer le rendement de la croissance en présence de nombreux sucres, Monod découvre que le rendement de la croissance en fonction de la source d'énergie est indépendant de la vitesse de croissance ; cela indique que la quasi-totalité de l'énergie disponible est utilisée par les biosynthèses.

Après ses recherches sur la cinétique et la physiologie de la croissance bactérienne, Monod développe, à partir de 1945, des recherches sur la nature de ce qu'il avait reconnu avec Lwoff être des phénomènes d'« adaptation enzymatique ». En effet, tout d'abord il découvre le phénomène de diauxie, qui signifie « second accroissement » ou « deuxième augmentation », c'est-à-dire un phénomène de double poussée de croissance. En 1945, il va publier sur ce sujet un article dans les *Annales de l'institut Pasteur* intitulé « *Sur la nature du phénomène de diauxie.* »⁴⁴ Ce phénomène est mis en évidence de la façon suivante : quand on ajoute à une culture de bactéries deux sources nutritives, du glucose et du lactose par exemple, les bactéries consomment d'abord l'une des sources nutritives, la plus facilement assimilable, en l'occurrence le glucose puis, après une phase de latence, utilisent la seconde. Monod met alors en lumière qu'à cet instant précis survient la fabrication d'enzymes qui vont permettre de nouveau la croissance. Comment interpréter ce phénomène ? C'est grâce à la suggestion de Lwoff que Monod est mis sur la voie pour en déceler la nature. En effet, comme Monod le

⁴³ J. Monod, (1970) ch.3 « Les démons de Maxwell » p. 67.

⁴⁴ J. Monod, (1945) « Sur la nature du phénomène de diauxie », *Annales de l'Institut Pasteur*, 71, pp. 37-40.

raconte lui-même dans sa conférence Nobel en décembre 1965,⁴⁵ il alla voir André Lwoff qui dirigeait alors le service de physiologie microbienne à l'Institut Pasteur pour lui demander son avis sur ce phénomène nouveau et Lwoff lui répondit que cela pouvait être considéré comme un phénomène d'« adaptation enzymatique » des bactéries. « À partir de ce jour, écrira J. Monod, toute mon activité scientifique fut consacrée à l'étude de l'adaptation enzymatique ». Par cette appellation, il faut entendre précisément le processus par lequel des micro-organismes sont capables, en présence d'une nouvelle source nutritive, de synthétiser les enzymes qui en permettent l'utilisation. « L'adaptabilité » d'une bactérie consiste en ce que, si on donne, par exemple, du lactose à la bactérie, celle-ci « s'adapte » au sens où elle va exprimer des protéines pour métaboliser le lactose.

Monod explique, en partant de ce cas particulier, l'activité chimique de tous les êtres vivants en découvrant que « l'orientation précise et le rendement élevé de cette énorme et microscopique activité chimique -au sein des êtres vivants- sont assurés par une certaine classe de protéines, les enzymes, jouant le rôle de catalyseurs spécifiques. »⁴⁶

Le concept et le terme de catalyse fut introduit en 1836 par le chimiste suédois Jöns Jakob Berzelius (1779-1948). En fait, dès 1812, le chimiste allemand F-C. Vogel décrit la première réaction de catalyse chimique en effectuant la combustion à basse température de l'hydrogène et de l'oxygène. Mais il fallut attendre Berzelius pour imposer le nom de catalyse. En voici la rigoureuse description que nous fournit ce dernier : « Il est donc prouvé que plusieurs corps simples et composés, solubles et insolubles ont la propriété d'exercer sur d'autres corps une action très différente de l'affinité chimique. Au moyen de cette action, ils produisent dans ces corps des décompositions de leurs éléments et des recompositions différentes de ces mêmes éléments auxquels ils restent étrangers. Cette nouvelle force qui était inconnue jusqu'ici (...) je l'appellerai force catalytique. J'appellerai de même catalyse la décomposition du corps par cette force ».⁴⁷

Par ailleurs, le premier qui proposa le terme d'enzyme fut le physiologiste allemand Wilhelm Kühne (1837-1900), terme qui signifie littéralement du grec « ἐν ζύμη : èn zumè » : « dans la levure ». Ainsi, au début, il s'agit de nommer de cette façon le principe catalytique contenu dans la levure responsable de la fermentation alcoolique. Ce savant met le mot au neutre dans sa langue germanique, ce qui explique qu'en français ce terme soit admis tant au masculin

⁴⁵ J. Monod, (1966) *Conférence Nobel*, « From enzymatic adaptation to allosteric transitions », *Science*, t. 154, 1966, p. 475-483.

⁴⁶ J. Monod, (1970) ch. 3, p. 67.

⁴⁷ J-J. Berzelius, (1836) « Quelques idées sur une nouvelle force agissant dans les combinaisons des corps organiques », 1836, *Annales de Chimie et de Physique*, 61, 149.

qu'au féminin. Le français courant met plutôt ce terme au féminin, mais Monod l'utilise toujours au masculin. Nous nous conformerons ici à son usage lorsque nous le citerons mais nous emploierons le féminin, selon l'usage décidé par l'Académie française quand nous en parlerons dans un contexte qui ne se réfère pas explicitement à une citation de Monod. En 1896, le pasteurien Émile Duclaux propose de désigner les enzymes par le nom de la réaction spécifique qu'elles catalysent, suivi du suffixe-ase.

Le problème fondamental de l'adaptation enzymatique consiste à évaluer les rôles respectifs d'une part, des gènes de bactéries contenant la possibilité de fabriquer une enzyme et d'autre part, des facteurs du milieu en tant que substrat dans la synthèse de cette même enzyme. La réponse à ce problème est que le cas de l'adaptation enzymatique associée à un déterminisme génétique est un déterminisme chimique. Autrement dit, ce phénomène est dû à une variation de la constitution enzymatique des bactéries, provoquée par la présence des différents aliments ou substrats. Monod montre ainsi que l'adaptation enzymatique correspond bien alors à la synthèse d'une protéine spécifique, par exemple la β -galactosidase. C'est l'interprétation de la diauxie comme variation provoquée et spécifique de l'appareillage enzymatique des bactéries qui est à l'origine de cette découverte et qui a orienté ensuite toutes les recherches ultérieures de Monod. D'ailleurs, Monod présente cette découverte comme décisive dans la revue *Nature* en 1953, article co-signé conjointement avec M. Cohn et M.R. Pollock, S. Spiegelman et R. Y. Stanier. Au troisième alinéa cependant, les termes d' « induction », d'enzyme « induite », d'« inducteur » sont choisis de préférence au champ lexical de l'adaptation : « *A relative increase in the rate of synthesis of a specific apo-enzyme resulting from exposure to a chemical substance is an « enzyme induction » (enzyme adaptation). Any substance thus inducing enzyme synthesis is an enzyme « inducer ». An enzyme-forming system which can be so activated by an exogenous inducer is « inducible », and the enzyme so formed is « induced » (adaptive).* »⁴⁸

Cet article énonce la proposition de remplacer cette expression d' « adaptation enzymatique » par la notion de « biosynthèse induite des enzymes »⁴⁹, pour ne pas introduire de confusion entre cette faculté adaptative et cette autre qui désigne l'adaptation des organismes à leur milieu. En effet, l'induction enzymatique est le phénomène par lequel la fabrication de certains enzymes est bien « induite » ou déclenchée indirectement lorsque est présente dans le milieu de culture la molécule nutritive que l'enzyme va dégrader, sans que la molécule nutritive soit la cause directe de ce déclenchement. Rappelons que si la bactérie a assimilé

⁴⁸ M. Cohn, J. Monod, M. R. Pollock, S. Spiegelman, R. Y. Stanier, *Nature*, « Terminology of Enzyme Formation. » vol. 172 du 12 décembre 1953, p. 1096.

⁴⁹ J. Monod et M. Cohn, (1952).

l'aliment ajouté, c'est parce qu'elle a produit un enzyme capable de dégrader cet aliment. Monod s'attache dès lors à démontrer que la synthèse de ces protéines enzymatiques ou protéines induites devient explicable par le contrôle des gènes, bien plus étroit qu'il ne l'avait pensé auparavant. La configuration de l'enzyme lui vient de sa détermination par un gène unique.

Cette découverte met en évidence le fait qu'il n'y a pas de précurseur de lactose, comme le suggérait John Yudkin. L'adaptation n'est pas une simple modification des protéines existantes ou d'un précurseur : c'est un processus conduisant à la fabrication complète et intégrale d'une nouvelle protéine. L'hypothèse du précurseur protéique de l'enzyme Pz se trouve abandonnée.⁵⁰ Avec Melvin Cohn, dès 1952, Monod montre sans ambiguïté, en ajoutant des acides aminés radioactifs au milieu nutritif des bactéries, que la synthèse de l'enzyme β -galactosidase est synthétisée entièrement *de novo* pendant la phase d'adaptation, à partir de ses seuls composants de base, les acides aminés. Cette découverte de biologie moléculaire révolutionne ce qui était la croyance en vigueur en biochimie, à savoir que les enzymes étaient constitués, comme le rappelle Michel Morange⁵¹, « à partir des protéines, sorte de matière première informe » et non à partir des constituants de base que sont les acides aminés. C'est en 1955 que Monod publie à nouveau avec Melvin Cohn les premiers résultats⁵² concernant le fait qu'il y a bien une étape du processus qui contrôle la synthèse, elle-même différente du mécanisme qui contrôle la structure.

Fort de cette expérience, Monod s'attaque pendant dix ans à la fausseté du modèle de John Yudkin selon lequel il y a un environnement de substrat qui contribue à la formation de la protéine.

Dans le prolongement de cette découverte, Monod parvient à établir un rapport entre l'adaptation, ou mieux, l'induction enzymatique et la différenciation cellulaire. En effet, l'induction enzymatique, contrôlée par un gène et induite par un substrat, constitue un système modèle non seulement pour l'étude de la synthèse des protéines mais plus généralement aussi pour le traitement des relations entre la génétique et la physiologie cellulaire. Comme le suggère Monod⁵³, « la construction d'un tissu ou la différenciation d'un organe, phénomènes macroscopiques, doivent être considérés comme la résultante intégrée d'interactions microscopiques multiples dues à des protéines, et reposant sur leurs propriétés

⁵⁰ J. Monod et M. Cohn, (1952) « La biosynthèse induite des enzymes (adaptation enzymatique), » *Advances in Enzymology*, XIII, 1952, p. 67-119.

⁵¹ M. Morange, (1982) « L'œuvre scientifique de J. Monod », *Fundamenta Scientiae*, vol. 3 p. 398.

⁵² D. S. Hogness, M. Cohn et J. Monod, (1955) « Studies on the induced synthesis of Galactosidase in *Escherichia coli*: the kinetics and mechanism of sulfur incorporation », *Biochimica et biophysica Acta*, t. 16, 1955, p. 99-116.

⁵³ J. Monod, (1970), ch. 5, p. 118.

de reconnaissance stéréospécifiques, par formation *spontanée* de complexes non-covalents ». Il ajoute cependant avec une certaine réserve : « Mais il faut reconnaître que cette « réduction au microscopique » des phénomènes de la morphogenèse ne constitue pas, pour l'instant, une véritable théorie de ces phénomènes. Il s'agit plutôt d'une position de principe qui spécifie seulement les termes dans lesquels une telle théorie devrait être formulée pour qu'on puisse la considérer comme apportant plus qu'une simple description phénoménologique⁵⁴ [...] Mais je demeure convaincu, pour ma part, que seules les propriétés associatives stéréospécifiques des protéines pourront, en dernière analyse, donner la clé de ces phénomènes. »⁵⁵

Ainsi, ce seul mode de croissance devient le modèle explicatif du développement embryonnaire lui-même et va pouvoir, par voie de conséquence, s'appliquer aux organismes supérieurs. La question devient alors : comment une cellule unique peut-elle se démultiplier et par quels mécanismes ces cellules différenciées, bien qu'avec les mêmes gènes, peuvent-elles synthétiser des protéines différentes ?⁵⁶

Dans le modèle lactose, seul le rôle de la β -galactosidase est identifié dès les premières expériences. C'est plus tard, en 1955, que Monod met en lumière les facteurs de perméation spécifique. Il montre alors en effet que le lactose peut « induire » des protéines autres que la β -galactosidase, en particulier le lactose perméase qui permet au sucre de pénétrer à l'intérieur des cellules bactériennes : celui-ci est en effet une protéine membranaire, qui permet l'entrée du lactose avec un flux de protons.

Les résultats de ces expériences et la fusion avec le programme de recherche de Jacob et Wollman, en 1959, sur la sexualité bactérienne et la mise en lumière de l'induction zygotique, c'est-à-dire de l'induction du cycle reproductif du phage par combinaison d'une bactérie mâle lysogène et d'une femelle non lysogène - lysogène signifiant que la bactérie contient un virus sous la forme de matériel génétique inclus dans le génome bactérien et dont l'expression est réprimée - conduisent Monod en 1958-1960 aux études sur la génétique des enzymes bactériennes et à la découverte de la régulation génétique. Mais pour Monod, jusqu'en 1960, il s'agit de continuer d'envisager un rôle direct de l'inducteur dans la synthèse des enzymes induites.⁵⁷

Voilà où nous en sommes en 1959 : Monod pense avoir atteint « une sorte de plateau » dans les découvertes sur le contrôle de la synthèse des enzymes, « non sans un certain

⁵⁴ J. Monod, (1970), ch. 5, p. 119.

⁵⁵ J. Monod, (1970), ch. 5, p. 120.

⁵⁶ J. Monod, « *The phenomenon of Enzymatic Adaptation and its Bearings on Problems of Genetics and Cellular Differentiation* », *Growth symposium*, vol. 11, 1947, p. 223-289.

⁵⁷ J. Monod, *Conférence Nobel de J. Monod*, « *From enzymatic adaptation to allosteric transitions* », *Science*, t. 154, 1966 p. 475-483.

triomphalisme »⁵⁸, comme le fait remarquer Jean Gayon. Il est désormais acquis que le métabolisme du lactose met en jeu un premier enzyme, la galactosidase et un second : le lactose perméase. Cependant Monod affirme aussi bien en 1959, dans le manuscrit intitulé *Cybernétique Enzymatique*, que « notre ignorance sur les mécanismes moléculaires de l'interaction entre centre formateur d'enzyme, inducteur et répresseur, demeure quasi-totale. »⁵⁹ Or, à l'aide de ces premiers résultats, Monod sait qu'il faut tenter d'élucider non plus simplement les mécanismes d'induction mais aussi les mécanismes de répression enzymatique, eux aussi soumis à une détermination génétique, et les interactions de ces derniers avec les mécanismes d'induction. Rappelons que l'inducteur est une substance ajoutée qui va provoquer la synthèse et que le répresseur est la protéine qui bloque l'expression de protéines. Et Monod d'ajouter à la suite : « On peut espérer que ces problèmes pourraient faire l'objet d'autres essais d'ici 10 ou 15 ans. »⁶⁰ En fait, en deux ans, ces énigmes sont résolues dans leurs grandes lignes. Que ces deux protéines soient synthétisées ou non devient explicable effectivement uniquement du point de vue génétique.

En effet, c'est l'hypothèse émise, à l'issue des travaux menés en collaboration par Monod et Jacob, de deux catégories de gènes qui vient éclairer tout le processus : les gènes informateurs ou structuraux et les gènes régulateurs.⁶¹ Les gènes de structure gouvernent la synthèse des protéines tandis que les gènes régulateurs codant pour un répresseur sont, en d'autres termes, des gènes de contrôle qui synthétisent des molécules nécessaires soit à l'activation, par levée d'inhibition, soit au contraire à la répression de la synthèse des protéines. Dans ce dernier cas, les gènes régulateurs sont capables de diriger la synthèse de protéines répresseurs qui empêchent certains gènes de structure de produire les protéines intervenant dans l'auto-conservation d'une cellule vivante.

Avec cette découverte, une nouvelle période s'amorce, comme le fait remarquer J. Gayon,⁶² une véritable révolution marquante, jusque dans la transformation de l'intitulé des chaires d'enseignement et des matières, qui devient très significative. En effet, en 1956-1957, Monod donnait encore des cours de physiologie et de génétique bactérienne dans le service de biochimie « cellulaire » ; en 1966, la chaire de chimie du métabolisme est transformée par Monod en chaire de biologie « moléculaire ». C'est l'année suivante que Monod est nommé professeur au Collège de France à la chaire de biologie moléculaire. C'est alors que biochimie

⁵⁸ J. Gayon, (2012), p. 31.

⁵⁹ J. Monod, (1959), introduction p. 18.

⁶⁰ J. Monod, (1959) p.18.

⁶¹ F. Jacob et J. Monod, (1959) « Gènes de structures et gènes de régulation dans la biosynthèse des protéines », *C.R. Acad. Sci. Paris*, vol. 249, 1959, pp. 1282-1284.

⁶² J. Gayon, Colloque ENS (2012).

et génétique s'unissent pour montrer comment des gènes voisins commandent des activités fonctionnellement coordonnées, appelées « interactions de contiguïté ».

Il est vrai que dès mars 1959, Monod avait confié, dans un carnet de notes, que la « découverte de la répression, c'est-à-dire de l'induction comme anti-répression (le) conduit à une très profonde sinon déchirante réévaluation... L'antifinalisme m'avait dominé, dit-il, guidé et (pourquoi me le cacher ?)⁶³, parfois égaré dans mon travail. Il fallait montrer que des structures ou fonctions apparemment finalistes (enzymes, induction enzymatique) n'étaient que le résultat d'actions nécessaires. »⁶⁴ L'induction enzymatique est dès lors interprétée comme une dérèpression. Cette réflexion ouvre une piste de taille quant à la problématique ouverte dès le début de *HN* et à sa résolution par Monod : en tout cas, dès ici, la finalité se trouve disqualifiée ici dans ces notes ; celle-ci, appelée aussi, « téléonomie » n'est qu'une apparence, une sorte de vue de l'esprit, réfutable par l'expérimentation car ce que celle-ci met à jour sont uniquement des actions nécessaires, donc non pas effectuées en vue de quelque chose mais parce que, selon la définition du terme nécessaire, ces actions ne peuvent pas se passer autrement que de cette façon-là ou être autrement qu'elles ne sont sans qu'aucune finalité ne les guide. Leur mécanisme donne la clé de leur fonctionnement sans qu'il devienne nécessaire de soulever la question de savoir si tel ou tel élément est organisé en vue d'une fonction particulière.

À partir de ces conclusions sur l'étude du sucre lactose, Monod semble pouvoir assumer la proposition selon laquelle tous les mécanismes de la vie et de la croissance deviennent explicables uniquement d'un point de vue strictement génétique. Dans *HN*, Monod relate dans trois chapitres centraux, les chapitres 3-4-5, la prodigieuse diversité des structures macroscopiques des êtres vivants qui repose sur une unité de structures microscopiques.⁶⁵ Encadrant ces trois chapitres fondamentaux, et à l'appui de leur « autorité » scientifique, les deux premiers chapitres sont consacrés à l'analyse de la spécificité de l'être vivant pour le chapitre 1 : « D'étranges objets », et au refus du vitalisme et de l'animisme traité au chapitre 2 : « Vitalismes et animismes ») ; les quatre derniers offrent une vision sur respectivement l'invariance génétique et les mutations, source de perturbations, avec le chapitre 6, « Invariance et perturbations »), suivi de chapitre 7 sur l'évolution, puis du chapitre 8 : « Les frontières », sur les limites actuelles de la connaissance que sont la cellule primitive et l'origine de l'ADN ainsi que la complexité du système nerveux humain ; enfin le dernier chapitre, le chapitre 9 intitulé « Le royaume et les ténèbres » évoque la perspective d'une

⁶³ J. Monod, (1959) *Notebook I*, (1959), Archives de l'Institut Pasteur, fonds Monod.

⁶⁴ J. Monod, (1959), *Notebook I*, pp.41-42.

⁶⁵ J. Monod, (1970) ch. 3 : « Les démons de Maxwell », ch. 4 : « Cybernétique microscopique », ch.5 : « Ontogénèse moléculaire. », pp. 67-128.

nouvelle éthique, l'éthique de la connaissance, fondée sur le choix éthique du postulat d'objectivité, et l'instauration d'un nouveau socialisme, rejetant l'idéologie marxiste et tous les systèmes de pensée vitalistes et animistes.

Attachons-nous à présent aux trois chapitres centraux, où sont décrites respectivement les trois fonctions majeures des protéines, à savoir la fonction catalytique au chapitre 3, « Les démons de Maxwell », la fonction régulatrice au chapitre 4, « Cybernétique microscopique » et la fonction constructrice ou morphogénétique au chapitre 5, « Ontologie moléculaire ». Avant de commenter l'apport de ces trois chapitres centraux où se trouvent particulièrement bien mises en avant les deux découvertes importantes de Monod et de ses collègues de l'Institut Pasteur concernant l'opéron d'une part et l'allostérie d'autre part, nous pouvons nous reporter au passage en revue, mis en annexe, de ces trois chapitres voués aux recherches scientifiques proprement dites auxquelles Monod s'est principalement consacré. Nous pouvons réserver la lecture de l'analyse structurale des chapitres encadrant ceux-ci, c'est-à-dire le chapitre 2 et le chapitre 6, pour le traitement de la seconde et troisième partie de notre travail, parties portant sur les interprétations philosophiques qu'en donne Monod et, pour notre troisième volet de réflexion, les questions d'éthique et de valeurs, il sera principalement question du chapitre 9. Nous pensons, en offrant des résumés de ces chapitres, non seulement en alléger la lecture mais aussi par la simplicité et la brièveté de la présentation, rendre ceux-ci plus accessibles à des non spécialistes. Pour ce faire, nous accompagnons chaque terme technique d'un astérisque et l'on peut se reporter à l'explication de son sens donné dans le glossaire, en annexe. Au terme de ces résumés de chapitre, nous donnons, en annexe, un tableau synoptique du chapitre qui permet en une page de concentrer l'ensemble des points principaux de chacun d'eux, pour pouvoir se référer aisément à l'ensemble de leur contenu sans avoir tout à parcourir. Nous les commenterons ensuite, en mettant en valeur, à travers les arêtes vives de ce discours, les soubassements culturels qui les fondent et les choix tant méthodologiques que métaphysiques auxquels ils font appel. Nous soulignerons les apports significatifs des découvertes de Monod, souvent fruits de toute une équipe scientifique, qui ouvrent ensuite chacun sur une discussion, qui se veut à la fois compléments d'information, contre-arguments et reprises de débats actualisés jusqu'en 2017. En nous reportant donc au passage en revue de ces trois chapitres centraux de *HN* effectué en amont, restituons à présent les apports scientifiques de J. Monod à la biologie moléculaire, en appréciant leur valeur à la lumière de leur postérité.

1) La détermination génétique et ses modèles.

Monod voit bien le rôle fondamental des protéines pour la constitution et l'organisation de l'être vivant. Par conséquent, il va s'interroger sur leur mode d'expression, c'est-à-dire sur la façon dont elles sont produites. De plus, il va s'interroger sur la façon dont leur structure implique leur fonction.

Les protéines, et plus particulièrement les enzymes, jouent un rôle majeur dans l'activité cellulaire. Elles sont les plus importants des constituants des êtres vivants. Toute protéine se définit comme une substance constituée par une chaîne d'acides aminés associés ou non à un groupe chimique de nature variée. Monod cherche à comprendre le mode de formation et d'évolution des structures protéiques afin de tenter de cerner, si possible, le mécanisme, substitut en cela de la « téléonomie », qui résoudrait le problème du projet des performances par la solution qu'apporte la nécessité de la fonction inhérente aux structures. Toute l'attention de Monod se porte dès lors sur deux découvertes macromoléculaires structurelles majeures et de considérable portée : l'opéron et l'allostérie.

- **L'opéron**, désigne « un groupe de gènes à expression coordonnée par un opérateur. »⁶⁶ C'est particulièrement l'étude de l'opéron lactose, qui va permettre non seulement l'identification des séquences opérateurs-promoteurs mais aussi la reconnaissance du rôle du répresseur ainsi que la mise en lumière de la découverte du rôle de l'ARN messager. De l'opéron dépend donc directement l'expression ou non des protéines.

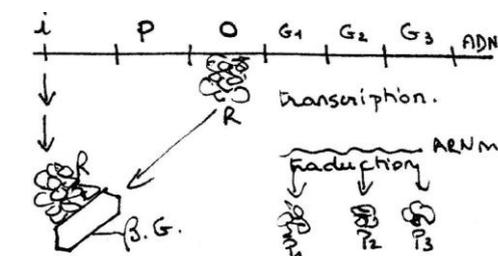
- **L'allostérie** est une notion qui signifie le changement de forme que connaît la protéine, selon des transitions, en présentant différents sites actifs, c'est-à-dire catalytiques.

a) L'opéron, découvert en 1961, devient le modèle de l'activité des gènes, en tant que modèle de régulation.

C'est d'abord avec le modèle de l'opéron que se trouve éminemment représentée cette idée émise selon laquelle il y a, d'une part, des gènes codant pour les enzymes ou les protéines structurales, nommés gènes de structure qui sont sous la dépendance du gène « opérateur » de « l'opéron » ; d'autre part, à côté d'eux, existent des gènes régulateurs, dont la seule fonction est de contrôler l'activité des autres gènes, en codant pour une protéine qui réprime ou augmente leur expression. La filiation sémantique du choix du terme « opéron » relevant de l'« opérateur » est clairement explicitée dans le début de la présentation de Lwoff, dont nous citons ici un passage explicatif : « La régulation coordonnée de la synthèse des enzymes est

⁶⁶ Monod, Perrin, Sanchez, (1960) *C.R. Hebd., Séances Acad. Sci.*, vol. 250, 1960, pp. 1727-1729.

gouvernée par deux gènes : le gène régulateur responsable de la formation du répresseur, et le gène opérateur, responsable de l'expression des gènes de structure de l'opéron. Le répresseur doit reconnaître et l'inducteur et l'opérateur. »



i : gène régulateur gouvernant la synthèse du répresseur.
P : promoteur, lançant la synthèse de l'ARNm en l'absence de R.
R : répresseur.
O : segment opérateur.
G1, G2, G3 : gènes de structure gouvernant la synthèse des protéines.

Schéma de l'opéron

Dans le même sens, Monod et Jacob déclarent

dans un document portant sur le mode d'action des gènes et leur régulation : « Le segment chromosomique contenant un opérateur et les gènes de structure adjacents dont il gouverne l'expression constituent une unité de transcription coordonnée à laquelle a été donné le nom d'opéron. ».⁶⁷

Monod donne un exposé très précis de l'opéron dans le système lactose où est intégré également le rôle du promoteur, car l'opéron y est défini comme une unité d'expression génétique qui comprend un ou plusieurs gènes et des séquences régulatrices, promoteur et opérateur qui régulent leur transcription. Le promoteur est la partie de l'ADN sur laquelle se fixe l'ARN polymérase afin d'initier la transcription d'ADN en ARN. En effet, il convient de préciser que cette synthèse des protéines ne s'effectue pas sans la transcription préalable de l'ADN en ARN, découvert par Monod et Jacob. L'opérateur est le site d'action qui a pour seule fonction de recevoir le répresseur, bloquant la transcription du promoteur placé en amont et lui faisant ainsi barrage, lorsque le répresseur est fixé dessus ; et laissant, à l'inverse, la transcription s'effectuer lorsque le répresseur quitte l'opérateur, se dissocie de lui pour s'associer à l'inducteur. On peut se référer au schéma⁶⁸ figurant ci-dessus du « système Lactose » reproduit au ch. 4 de *HN* portant sur la fonction régulatrice des protéines, intitulé *Cybernétique microscopique*.⁶⁹

⁶⁷ Lwoff et Ullmann, (1980), p. 13.

⁶⁸ J. Monod, (1970), p. 100.

⁶⁹ J. Monod, (1970), pp. 99-102.

Dès 1961, François Jacob et Jacques Monod présentent le modèle de l'opéron, dans l'article *Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins*. Nous voyons que toute la recherche a porté tout d'abord sur l'opéron lactose, c'est-à-dire sur le système mis en place qui permet à une bactérie caractéristique, l'*Escherichia coli*, d'assimiler le lactose.

Pourquoi le choix de cette bactérie ? Nicolas Aumonier, dans ses travaux de thèse portant sur la nature d'une cause dans un micro-organisme, en expose clairement la raison : « Puisque, dit-il, l'existence d'une membrane détermine des règles d'échanges complexes entre l'extérieur et l'intérieur de la limite qu'elle instaure, le critère de simplicité impose le choix d'un organisme procaryote, dont les organites sont dépourvus de membrane. En effet, dans les organismes procaryotes, le chromosome est non seulement dépourvu de noyau mais aussi de tout compartiment interne délimité par une membrane. Parmi tant d'organismes, les critères de simplicité, d'accessibilité, et la somme d'informations recueillies qui en firent bientôt l'un des organismes les mieux connus, conduisent à imposer *Escherichia coli* comme bactérie de référence. »⁷⁰ À partir de la constatation selon laquelle la bactérie *Escherichia coli* a besoin de sucre pour croître et se diviser, J. Monod et F. Jacob mettent en évidence que la bactérie, en présence du sucre lactose, produit l'enzyme, la β -galactosidase, qui en permet le métabolisme. Ils avaient constaté auparavant qu'en l'absence de lactose, la β -galactosidase n'était pas présente dans la bactérie. Pourtant, le gène qui permet la synthèse de cette enzyme est, lui, toujours présent dans la bactérie. Cependant c'est la présence seule du lactose qui déclenche l'expression du gène, c'est-à-dire ici la synthèse d'une protéine enzyme. Le répresseur se joignant à l'inducteur qui est le lactose libère l'opérateur sur lequel il était fixé et laisse ainsi le champ libre à la synthèse de l'enzyme, c'est-à-dire à la production de cette enzyme, dont la synthèse est effectuée par le déclenchement de l'opération au niveau du promoteur qui initie la transcription. Ainsi, les gènes de structure correspondant aux enzymes nécessaires et dont l'ensemble, avons-nous vu, forme un « opéron », sont sous la dépendance d'un gène opérateur, lui-même sensible à un répresseur fabriqué constamment par un gène régulateur. Tous les gènes de l'opéron sont donc normalement bloqués. Mais si apparaît dans le milieu ambiant une nouvelle substance jouant le rôle d'inducteur, un galactoside, par exemple, celle-ci se combine avec le répresseur en donnant une substance qui n'a plus le pouvoir d'agir sur l'opérateur. Tous les gènes de l'opéron se trouvent alors débloqués. Si cette nouvelle substance disparaît, un nouveau répresseur vierge bloquera à nouveau l'opérateur.

Cette découverte avait été amorcée, sans être portée à son terme auparavant, dès 1959 ; Monod avait été mis sur la voie car il s'était penché avec deux autres chercheurs sur un

⁷⁰ N. Aumonier, (1996), p. 68.

phénomène d'un type très proche : il s'agissait, en effet, de l'action régulatrice d'un répresseur sur des bactéries mâles et femelles, mise en évidence grâce à l'expérience qui porte le nom de ses trois inventeurs Arthur Pardee, François Jacob et Jacques Monod, l'expérience Pajamo, appelée humoristiquement l'expérience « pyjama ».

Cette expérience portait sur l'étude d'un croisement d'une bactérie mâle ne fabriquant la β -galactosidase qu'en présence de lactose qui joue le rôle d'inducteur et une bactérie femelle synthétisant une forme inactive de l'enzyme β -galactosidase en permanence : lors de cette conjugaison, on observe, en l'absence d'inducteur, c'est-à-dire en absence de lactose, une synthèse rapide de β -galactosidase. Cette synthèse cesse ensuite au bout de quelques heures : le répresseur, à partir d'une certaine quantité, a joué son rôle dans la bactérie mâle pour la nouvelle entité réalisée.

Cette expérience a pour effet de mettre en évidence que l'action du gène régulateur nécessite la formation d'un produit cytoplasmique appelé « répresseur » qui a une action inhibitrice sur la synthèse de β -galactosidase. Mais le rôle et la nature du répresseur n'étaient pas encore totalement interprétés. À partir de 1962, Monod et Jacob sont en mesure d'affirmer que les répresseurs sont des protéines et non des molécules d'acide nucléique, comme l'ADN ou l'ARN⁷¹. C'est sur l'opérateur, qui est un fragment génétique, que se fixe, avons-nous dit, le répresseur. Il faut donc bien envisager l'opérateur comme un site et non comme une protéine. Comme l'écrit Claude Debru, « l'opérateur est en quelque sorte une partie muette du génome », ⁷² car il se situe sur une séquence non codante du génome.

Cette recherche sur *Escherichia coli* devient, aux yeux de Monod, un véritable paradigme pour comprendre le développement de n'importe quel être vivant. En ce sens, Monod se plaît à dire, à la suite du biochimiste et bactériologiste hollandais Albert Kluyver, que « tout ce qui est vrai pour *Escherichia coli* est vrai pour l'éléphant ».

En résumé de toute cette analyse, retenons que l'induction est dès lors envisagée comme un phénomène de dérégulation car l'inducteur, dans le système lactose, à savoir le β -galactoside va réprimer le répresseur en s'associant à lui et en le détachant de l'opérateur sur lequel il était fixé, bloquant ainsi la transcription, et va « induire » par-là, c'est-à-dire permettre, l'expression des trois protéines tenues réprimées par le répresseur en l'absence de l'inducteur. Bref, cette expérience montre que finalement, l'inducteur, le sucre en l'occurrence ici, n'est qu'un antirépresseur. Ce qu'il a été difficile d'admettre au départ par Monod, vu ses anciennes

⁷¹ F. Jacob, R. Sussman et J. Monod, (1962) « Sur la nature du répresseur assurant l'immunité des bactéries lysogènes », *Comptes rendus Acad. Sci*, t. 254, 1962, pp. 4214-4216.

⁷² C. Debru, (1987), p. 61.

positions sur le sujet⁷³, et qu'il a fini par accepter sous l'influence en particulier du physicien Léo Szilard, qui fait valoir l'importance décisive de la configuration physique des molécules. En effet, en définitive, tout ce processus ne peut se produire qu'en raison de la configuration de ces dernières : quand l'inducteur s'encastre dans une liaison « stéréospécifique » avec le répresseur, celui-ci ne peut plus jouer son rôle de répresseur et rester fixé sur l'opérateur : la protéine, qui joue le rôle de répresseur car tenue fixée à l'opérateur sur le segment d'ADN, se détache alors et se fixe à l'inducteur, entrant en interaction allostérique, terme qui définit une relation que nous allons bientôt élucider dans le deuxième moment de notre examen. Ici, en l'occurrence, c'est le lactose, quand il est présent, qui débloque la répression en se fixant au répresseur. De ce fait, sa fonction de répresseur est levée et le déclenchement de la transcription des trois gènes en ARN messager puis l'expression des gènes peut se déclencher.⁷⁴ Comme l'exprime de façon très synthétique Monod dans *HN* : « La logique de ce système est d'une extrême simplicité : le répresseur inactive la transcription ; il est à son tour inactivé par l'inducteur. »⁷⁵ Ainsi, la clé de l'adaptation enzymatique au niveau chimique réside dans le fait que c'est l'inducteur qui inactive le répresseur.

Le principal premier acquis de Monod est donc la mise en place du modèle de l'opéron qui met en évidence le mécanisme d'action des répresseurs, interprétée au niveau d'une action des gènes.

Bref, dans une explication qui tient en une phrase pour relater le dynamisme de ce phénomène de façon encore plus synthétique et coordonnée, disons que Monod et Jacob émettent l'hypothèse que les répresseurs qui sont des molécules protéiques, viennent se fixer sur des séquences d'ADN, appelées opérateurs, situées en amont des gènes régulés et que ces répresseurs viennent bloquer la transcription des gènes en ARN, et, de ce fait, bloquer la copie, en l'occurrence l'expression des gènes, c'est-à-dire, la synthèse des protéines.

C'est pourquoi, cette structure de l'opéron peut se définir, de façon tout à fait générale, par la combinaison d'un répresseur et d'un gène transcrit en un enzyme particulier. Le répresseur lié à la structure moléculaire du gène bloque la transcription de celui-ci en l'absence du substrat approprié. En présence de ce dernier, l'expression du gène est « induite » corrélativement à la liaison du répresseur et du substrat. Ainsi se monte donc bien un dispositif de contrôle qui permet une sélection variée de processus adaptés. On voit en effet que toute la mécanique de

⁷³ B. Pardee, F. Jacob et J. Monod, « The genetic control and cytoplasmic expression of inducibility » in « the synthesis of B Galactosidase by E. Coli », *Journal of Molecular Biology*, 1, 1959, pp. 165-178.

⁷⁴ J. Monod, (1970), voir le schéma de l'opéron lactose, c'est-à-dire de la régulation de la synthèse des enzymes du système lactose, p. 100 ch. 4, « Cybernétique microscopique. »

⁷⁵ J. Monod, (1970) ch. 4, « Cybernétique microscopique », p. 101.

régulation préexiste à l'addition de l'inducteur : le montage du répresseur est présent avant toute action de l'inducteur.

Ce système de l'opéron apparaît bien, semble-t-il, comme une « colligation » au sens où Michel Delsol⁷⁶ emploie ce terme. En effet, il s'agit bien d'un modèle conçu par un acte de l'intelligence qui dépasse le niveau de la simple généralisation et qui, en utilisant des données multiples, permet de donner à un ensemble de fait une unité intelligible, tous ces mécanismes étant déduits sans apparaître immédiatement au microscope. Ainsi, comme le souligne Jean Gayon, le modèle de l'opéron lactose a pour la première fois offert un modèle dans lequel « les gènes n'étaient plus des atomes héréditaires produisant chacun son effet de son côté, mais des ensembles coordonnés de telle manière que leur expression même était déterminée. »⁷⁷

Cette distinction régulation/structure servira non seulement comme principe explicatif du métabolisme mais aussi comme nouveau principe explicatif d'ontogénèse : en effet, Monod et Jacob vont ensuite distinguer au cœur des êtres vivants « une information structurale nécessaire à la formation des composants du vivant et une information régulatrice, responsable de la mise en œuvre progressive, au cours du développement, de ces composants structuraux », comme l'explique Michel Morange.⁷⁸

L'importance de la découverte du mode de fonctionnement des gènes régulateurs est fondamentale, et va bien au-delà du système particulier mis en valeur dans la bactérie *Escherichia coli*. Cette découverte a une portée théorique qui s'applique à la génétique et à la biologie toute entière. Elle permet aussi de renouveler totalement la conception du gène en faisant intervenir la manière dont l'environnement interagit avec le matériau transmis héréditairement.

Elle ouvre de plus la voie à tout un champ de nouvelles applications pratiques : en particulier du fait que leur perturbation peut être à l'origine du développement des cellules cancéreuses. Le modèle de l'opéron a, en effet, des répercussions déterminantes sur la physiologie, la pathologie et la thérapeutique. Grâce à la possibilité d'interférer avec ces signaux de régulation, soit au niveau de la commande (celle des gènes de régulation) soit au niveau de ces effets (en bloquant l'expression de l'ARN messager), on peut soigner des maladies infectieuses ou cancéreuses.

Cette intuition géniale d'une induction par inactivation d'une répression sera largement confirmée ensuite dans toutes les boucles de rétro-activations-inhibitions décrites en biologie

⁷⁶ M. Delsol, (1985) p. 121.

⁷⁷ J. Gayon, (2012) Préface au livre de J. Deutsch (2012) p. 13.

⁷⁸ M. Morange, (2003), p. 207.

cellulaire et, en particulier, dans les contrôles récurrents d'expression d'un gène et de son produit.

La régulation est donc inscrite au niveau génétique, de manière tout à fait autonome et indépendante.

L'équipe française, et Monod en particulier, s'est donc penchée, en priorité sur le contrôle génétique de l'adaptabilité du vivant, ce qui fait suite à la recherche de Claude Bernard pour qui, ce qui caractérise le vivant, est moins sa structure que son adaptabilité aux changements perpétuels auxquels il est soumis. Mais, avec Monod, un saut épistémologique s'opère, comme l'exprime avec une grande netteté Michel Morange⁷⁹ : « Les êtres vivants sont dorénavant vus comme des machines rigidement programmées, tant au niveau de la fabrication des pièces (les protéines), qu'au niveau de la régulation de cette fabrication (les gènes régulateurs). » Ce mécanisme régulateur agit donc tant au niveau de la cybernétique microscopique qu'au niveau de l'ontogenèse moléculaire, pour reprendre les termes mêmes des intitulés des chapitres 4 et 5 de *HN*, décrivant respectivement ces deux fonctions régulatrices, d'une part, et constructrice, d'autre part, des protéines.

DISCUSSION sur l'opéron :

L'opéron peut être décrit comme un montage de gènes coordonnés. Il intéresse au plus haut point la réflexion scientifique et philosophique : en matière de compréhension d'un mécanisme régulateur tout à fait inédit en particulier, et, plus largement en matière de compréhension de tout organisme vivant. Il convient tout d'abord d'indiquer quelques apports plus récents, et de relativiser le rôle de la levée du répresseur, qui n'est pas l'unique mécanisme de régulation ; son caractère « rigidement programmé », tel qu'il est conçu par Monod est également actuellement remis en question. Ensuite, nous nous attacherons à préciser si oui ou non et en quel sens, nous pourrions parler d'une cause finale décelable dans ce mécanisme, étant donné que ce dispositif ou montage préexiste à toute action de l'inducteur. La même question portera également sur la prise en compte du principe d'économie qui lui est attaché, à savoir l'homéostasie.

Tout d'abord, apportons **quelques nouvelles précisions** concernant l'opéron, définies par d'autres acquis scientifiques de sources différentes ou un peu plus récentes que l'exposé de Monod, **apports mineurs toutefois**, qui n'en modifient aucunement l'intérêt.

⁷⁹ M. Morange, (1982), « L'œuvre scientifique de Monod », p. 402.

Quelques années plus tard, après ces découvertes de Monod sur l'opéron, il s'avère que les enzymes de dégradation d'un autre sucre, le maltose, ne sont pas contrôlées par un mécanisme de régulation ; le maltose semble bien activer la synthèse qui le dégrade. Monod n'accepta que très tardivement ce fait.⁸⁰ Il s'avère en effet que l'activation positive peut venir également d'autres facteurs que de la levée d'un répresseur et peut s'expliquer par de multiples mécanismes. Voici également une simple précision témoignant d'avancées scientifiques encore plus récentes : il s'avère à l'heure actuelle que l'inducteur serait l'allo-lactose, produit secondaire de la β -galactosidase et non pas le lactose lui-même, selon l'exposé d'Andras Paldi, lors de son intervention du 16 octobre 2013 au Centre Cavallès.

Une autre découverte vient infirmer ou remettre en cause le fait que le système de l'opéron soit aussi rigidement programmé : on s'est aperçu, en effet, que le répresseur peut ne plus exercer sa fonction même en l'absence de lactose, et que, par conséquent, une expression stochastique des gènes se produit en l'absence de substrat. Nous nous référons aux propos d'Andras Paldi faisant état d'une analyse sur des cellules vivantes, lors de la même conférence. Grâce à la fluorescence, on voit qu'une cellule active son opéron sans substrat tandis qu'une autre ne l'active pas, comme l'explique l'article de Frieda Kirsten et Xie Xiaoliang dans la revue *Science* de 2008, auquel Andras Paldi fait référence. Le système de l'opéron mis en lumière par Monod n'apparaît donc plus de nos jours, aussi déterministe qu'il ne paraissait à ses yeux.

Ce qui est intéressant avec ce modèle, c'est que toute la mécanique de régulation préexiste à l'addition d'un inducteur ; autrement dit, un dispositif de contrôle permet une sélection variée de processus adaptés ; ce qui offre matière à réflexion et peut poser question pour le philosophe. Pour Pierre-Paul Grassé, « l'opéron qui associe un système producteur et un système régulateur exprime un ordre. Une mutation ne peut le créer, car elle ne possède pas, telle que nous la connaissons, le pouvoir de construire. »⁸¹ Grassé ne manque pas de souligner que « pour la genèse de l'opéron, il faut faire appel à un anti-hasard organisateur. » Il poursuit : « Sans doute, dans l'esprit des darwiniens, il ne peut s'agir que de sélection naturelle. Et pourtant, dans un tel cas, il ne faut pas que trier, il faut surtout organiser, articuler entre eux des gènes spatialement voisins et coordonner leurs actions. »⁸²

Par ailleurs, l'opéron dépend entièrement de la structure de la protéine, ce qui rend un système biologique très dépendant des considérations de la science physique : est présent un véritable déterminisme structural. Selon une remarque de Raymond Ruyer, en ce sens,

⁸⁰ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980), pp. 177-184.

⁸¹ P-P. Grassé, (1973), p. 321.

⁸² P-P. Grassé, (1973), p. 321.

puisqu'il s'agit de simple configuration physique, « le répresseur ou l'opéron est purement structural, comme un bouchon sur une bouteille : il s'adapte à certains sites de la structure moléculaire, qu'il bouche ou débouche. Or, une coaptation n'a jamais passé pour un équilibre par rétroaction. »⁸³ Cette remarque de Ruyer est à replacer dans un contexte où ce dernier vise à montrer la difficulté à penser le concept cybernétique de rétroaction au niveau moléculaire.

Ce modèle redonne également une confirmation du principe d'économie qui régit le vivant, puisque le déclenchement n'a lieu que si la synthèse a lieu de se produire. Autrement dit, la bactérie s'adapte, elle fait l'économie de la synthèse de cette enzyme quand elle n'en a pas besoin, nourrie par un autre sucre de type différent. Cette interprétation n'est-elle pas liée néanmoins à la position d'une certaine finalité dans le vivant, s'exerçant selon un mécanisme finalisé ? Car pourquoi ce principe d'économie ? N'agit-il pas comme une loi de la nature qui opère selon un principe de simplicité des voies dont l'économie fait partie ? Cette observation a-t-elle réellement sa place dans cette analyse qui se veut strictement mécaniste ? D'où vient qu'il y ait cette loi dans la nature ? En effet, ce déclenchement est lié à la recherche de l'homéostasie*, réalité dont le concept est avancé pour la première fois par Claude Bernard qui remarque que « tous les mécanismes vitaux n'ont toujours qu'un but, celui de maintenir l'unité des conditions de vie dans le milieu intérieur. »⁸⁴ Rappelons que l'homéostasie désigne la faculté de maintenir des constantes physiologiques internes, quelles que soient les variations externes. Monod et Jacob reconnaissent en effet que « chez les bactéries, les systèmes de régulation ont essentiellement pour fonction de maintenir un état homéostatique et, en fonction de l'état des bactéries et des conditions de milieu, de déterminer à tout instant quelle fraction du génome est transcrite. »⁸⁵ En l'occurrence, la fonction de l'opéron revient à économiser l'énergie de la cellule de la bactérie en préférant, plutôt que d'exprimer une protéine de façon continue, maintenir un gène en permanence qui réprime l'expression d'un ensemble de protéines permettant le métabolisme du lactose ou de toute autre substance. En effet, il faut bien voir que ce gène régulateur qui exprime cette protéine est lui-même exprimé en permanence.

On peut également faire remarquer que la structure d'opéron caractérise des gènes dotés de sensibilité différentielle à l'information ambiante. C'est pourquoi, nous pouvons dire avec Jean Deutsch⁸⁶ qu'avec « l'opéron, la génétique renoue avec l'environnement » puisque « l'acteur dont on ne saurait se passer, c'est l'inducteur, le lactose dans le cas de

⁸³ R. Ruyer, (1967), « les problèmes de la cybernétique en 1967 » p. 239.

⁸⁴ C. Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, concept repris en 1932 par W.B. Cannon, dans *Wisdom of the body*.

⁸⁵ J. Monod et F. Jacob, « Sur le mode d'action des gènes et leur régulation », p. 6, Rome. (1962).

⁸⁶ J. Deutsch, (2012), p. 120.

l'opéron lactose, dont la présence dans le milieu de culture déclenche l'inhibition du répresseur et l'activation de la transcription de l'opéron. »⁸⁷ Le modèle de l'opéron est alors devenu non seulement celui d'une induction par inactivation d'une répression mais celui qui permet de faire du vivant un système ouvert, en interaction avec le milieu et ce dernier opère en cela une véritable révolution de la génétique. Jean Deutsch éclaire bien la nature de cette rupture : « Depuis Weismann, dit-il, il semblait que la génétique s'enfermait dans le secret des cellules germinales, du noyau de la cellule, des chromosomes. Avec l'opéron, la génétique retrouve une des propriétés fondamentales du vivant, qui le distingue de tout autre système physique : le vivant est un système ouvert en interaction constante avec l'environnement. Le génome reste bien constant (aux mutations près), mais son expression, c'est-à-dire sa fonction elle-même, dépend de ses interactions avec l'environnement. »⁸⁸ Par conséquent toute la biochimie moléculaire ne peut être explicable uniquement au point de vue génétique.

Pour prolonger cette remarque, on peut se demander comment il se fait que soit inscrite dans le vivant cette disposition génétique permettant cette plasticité au milieu environnant ? La solution de la synthèse teilhardienne est de dire qu'entre le vivant et les éléments de la cosmogénèse, il y a une entière parenté. Monod pense-t-il cela aussi dans une certaine mesure ? Certaines remarques peuvent le laisser supposer quelquefois, telle que celle que l'on trouve à la fin du chapitre 5 « Ontogénèse moléculaire » : « Dans l'ontogénèse d'une protéine fonctionnelle, l'origine et la filiation de la biosphère entière se reflètent. »⁸⁹

On voit donc, à travers cette mise en perspective selon différents points de vue, qu'il est possible d'interroger ce modèle de l'opéron dans deux directions :

- La mise en valeur d'un système programmé, scientifiquement strictement mécaniste et déterministe, tel qu'il est conçu par Monod. Modèle « affiné » par les perspectives contemporaines qui accentuent le rôle de l'information extérieure essentielle que Monod ne met sans doute pas assez en relief du fait de sa position sur le primat du génétique. En effet, par ce modèle, la génétique renoue avec **l'environnement**.

- L'analyse métaphysique d'une **cause finale**, qui n'est pas du ressort de la science mais que la raison peut considérer comme possible, quoiqu'entièrement distincte de la cause efficiente et de la cause matérielle que recherche ici la biologie moléculaire. Il serait à cet égard intéressant d'établir que l'analyse de la fonctionnalité de la partie du chromosome mise

⁸⁷ J. Deutsch, (2012), p. 120.

⁸⁸ J. Deutsch, (2012), p. 120.

⁸⁹ J. Monod, (1970), p. 128.

en place avant toute intervention d'un élément extérieur pourrait être interprétée, sur le plan physique, comme une sorte d'analogie de la finalité.

b) Le modèle de l'allostérie fait son apparition dès 1961 déjà, mais il n'est formalisé scientifiquement qu'entre 1963 et 1965.

Au début des années 1960, on pensait le problème de la forme des protéines résolu avec la connaissance de la séquence linéaire des acides aminés qui les composent, traduite de la séquence de l'ARN messager. Or, il est apparu rapidement que la protéine pouvait être formée d'un polymère de plusieurs chaînes polypeptidiques, identiques ou différentes, et que, par conséquent, elle pouvait prendre plusieurs configurations. L'allostérie devient une des propriétés possibles de ces protéines globulaires dont la structure vient d'être découverte.

Telle est l'origine de la théorie de l'allostérie, terme signifiant « autre forme » ou « autre volume » que Jacques Monod, Jeffries Wyman et Jean-Pierre Changeux exposeront tout d'abord dans le cadre de l'étude de l'hémoglobine.⁹⁰Ce dernier donne une définition très éclairante de l'allostérie. En voici les termes : « Les "protéines allostériques" possèdent une particularité cruciale. Elles ont en quelque sorte deux têtes : d'un côté elles déterminent une fonction biologique particulière, par exemple une synthèse chimique, de l'autre elles regardent un signal qui règle cette fonction. Ces protéines introduisent de la flexibilité dans la vie cellulaire : elles servent de commutateur qui participe à la coordination des fonctions de la cellule, mais aussi à son adaptation aux conditions d'environnement. »⁹¹

Les prérequis exposés par Monod :

Avant l'exposition proprement dite de cette découverte à grande portée qu'est l'allostérie concernant une espèce bien particulière de protéine globulaire, examinons **quelques prérequis indispensables** permettant de définir le contexte dans lequel s'inscrivent toutes les protéines globulaires en général : il s'agit de définir la stéréospécificité dont elles relèvent, la nature des liaisons non-covalentes dont elles sont l'objet et le fait qu'elles sont « créatrices d'ordre », sans déroger pour autant au principe de la thermodynamique, comme l'ont bien montré Léo Szilard et Léon Brillouin, en réponse à l'hypothèse du démon de Maxwell qui avait tenté d'imaginer une expérience contredisant ce principe. Dans son *Traité de la chaleur*, Maxwell envisage une limitation au principe de Carnot qui énonce le second principe de thermodynamique selon lequel, dans une enceinte isolée, toutes les températures tendent à s'annuler spontanément ; autrement dit, cela implique qu'en cas de température uniforme, il

⁹⁰ J. Monod, J. Wyman, J-P. Changeux, (1965), pp. 8-118.

⁹¹ J-P. Changeux et P. Ricœur, (1998), p. 14.

est impossible qu'apparaissent des différences de potentiel thermique, d'où la nécessité de dépenser de l'énergie pour en créer. Voici le passage clé de Maxwell comportant l'expérience de pensée envisageant une limitation possible de ce principe. Tout d'abord, se trouve réaffirmé avec force le principe de Carnot tel que nous venons de le définir : « Avant de conclure, je veux attirer l'attention sur un aspect de la théorie moléculaire qui mérite considération. Un des faits les mieux établis en thermodynamique, c'est qu'il est impossible, sans dépenser du travail, de produire une inégalité de température dans un système contenu dans une enveloppe qui ne permet ni changement de volume ni transmission de chaleur, et dans lequel la température et la pression sont partout les mêmes. C'est la seconde loi de la thermodynamique et elle est absolument vraie, tant que nous ne pouvons agir que sur les corps pris en masse et que nous n'avons pas la faculté de manier les molécules séparées dont ils sont constitués. »⁹² Maxwell va cependant tirer d'autres conclusions en émettant l'hypothèse d'un être qui pourrait agir sur chaque molécule en particulier et non plus sur les « corps pris en masse ». « Mais, poursuit-il en effet, si nous concevons un être dont les facultés soient assez développées pour qu'il puisse suivre chaque molécule dans sa course, cet être dont les attributs seraient cependant finis comme les nôtres, deviendrait capable de faire ce que nous ne pouvons faire actuellement. » Il s'appuie alors sur un exemple étudié précédemment : « Car nous avons vu que les molécules de l'air renfermées dans un récipient et à température uniforme se meuvent cependant avec des vitesses qui sont loin d'être les mêmes, bien que la vitesse moyenne d'un grand nombre d'entre elles, arbitrairement choisies, reste toujours à peu près exactement la même. »⁹³ C'est alors que Maxwell suggère sa fameuse hypothèse, sur laquelle s'exercera la sagacité de tant de physiciens : « Supposons maintenant que le récipient soit divisé en deux portions A et B, par une cloison dans laquelle il y ait une petite ouverture, et qu'un être qui puisse discerner par la vue les molécules individuelles, ouvre et ferme cette ouverture, de manière à ne permettre l'introduction de A vers B que des molécules les plus rapidement agitées, et de B vers A, l'introduction des molécules dont le mouvement est lent. Il aura ainsi, sans dépense de travail, élevé la température de B et abaissé celle de A, malgré la seconde loi de la thermodynamique. »⁹⁴ Ainsi Maxwell suggère qu'une connaissance beaucoup plus performante du mouvement précis de chaque molécule pourrait permettre d'abaisser ou d'élever la température, sans dépense d'énergie supplémentaire introduite dans le système. Or, pour Maxwell, si cette méthode n'est pas encore trouvée, il ne la pense pas cependant irréalisable. « Personne en

⁹² J.C. Maxwell, (1891), p. 421.

⁹³ J.C. Maxwell, (1891), p. 421.

⁹⁴ J.C. Maxwell, (1891), p. 422.

effet, jusqu'à présent, n'a découvert une méthode pratique permettant de suivre la trajectoire d'une molécule, et de l'identifier à des moments quelconques. »⁹⁵ Ce qui sous-entend qu'elle sera peut-être trouvée un jour.

L'exposition de l'allostérie et des actions allostériques est effectuée par Monod, d'une façon très détaillée au chapitre 4 de *HN*. Mais c'est au chapitre 3 « Les démons de Maxwell », que sont posés les jalons préliminaires qui permettront de décrire la protéine allostérique, à savoir la notion de stéréospécificité applicable à toute protéine globulaire, les notions sur la nature des liaisons atomiques covalentes et non-covalentes, ces dernières favorisant leur stabilisation et rendant réversibles leur état ; et la fonction « créatrice d'ordre » des protéines globulaires, sans que pour autant le principe d'entropie soit contredit.

Cette mise au point effectuée, nous pourrons passer à l'examen de la découverte de l'allostérie.

- La stéréospécificité : de fait, la protéine allostérique est certes une espèce bien particulière de protéine globulaire mais en tant que protéine globulaire, elle répond, elle aussi, au critère de stéréospécificité défini au chapitre 3 de *HN*. C'est là, en effet, que la notion de stéréospécificité se trouve explicitement définie. Grâce à « leurs propriétés dites stéréospécifiques, c'est-à-dire leur capacité de « reconnaître » d'autres molécules d'après leur *forme*, qui est déterminée par leur structure moléculaire »⁹⁶, les protéines assurent toutes leurs « performances téléonomiques » ou fonctionnelles, à savoir leur fonction catalytique, régulatrice et constructive. Il faut comprendre que, comme les protéines sont tridimensionnelles, leur contact mutuel s'effectue selon une spécificité liée à leur volume même, le préfixe « stéréo » du grec « stereos » signifiant « volume d'un solide géométrique. » De fait, comme cela se trouve encore élucidé au chapitre 5, les protéines traduites en une chaîne linéaire d'acides aminés se replient ensuite spontanément, par expulsion de molécules d'eau⁹⁷ et devenant globulaires, et donc tridimensionnelles, s'encastrent les unes dans les autres selon la complémentarité de leurs aires.

- Les liaisons non-covalentes des protéines globulaires : ces liaisons sont dues à plusieurs autres types d'interactions, qui n'impliquent pas, comme dans le cas des liaisons covalentes, la mise en commun d'orbitales électroniques entre deux ou plusieurs atomes. Contrairement à l'énergie d'activation des réactions covalentes qui est élevée, l'énergie d'activation des réactions non-covalentes est très faible, sinon nulle : « Elles se produisent donc spontanément, et très rapidement, à faible température, et en l'absence de catalyseurs. »⁹⁸ D'autre part, dans la

⁹⁵ J.C. Maxwell, (1891), p. 422.

⁹⁶ J. Monod, (1970), p. 68.

⁹⁷ J. Monod, (1970), p. 123.

⁹⁸ J. Monod, (1970), p. 79.

suite logique de cette description, les complexes non-covalents sont entièrement et instantanément réversibles.⁹⁹

- La fonction des protéines, comme « créatrice d'ordre », en fait de véritables « démons de Maxwell », à l'instar du démon de Maxwell corrigé par Szilard et Brillouin. Pourquoi cet emprunt, à la suite de Wiener, au démon de Maxwell, qui pour sa part le conçoit au singulier ? En effet, Norbert Wiener, dans sa *Cybernétique*, suggère déjà de comparer les enzymes ou animaux vivants aux **démons de Maxwell** lorsqu'il écrit : « Il se peut bien que les enzymes ou animaux vivants soient des démons de Maxwell métastables, diminuant l'entropie... Nous pouvons considérer les organismes vivants, comme l'homme lui-même, sous ce même angle. Il est certain que l'enzyme et l'organisme vivant sont tout aussi métastables : l'état stable d'une enzyme est d'être déconditionné, celui d'un organisme vivant est de mourir. Toutes les catalyses sont en fin de compte empoisonnées : leurs vitesses de réaction changent, non leur véritable équilibre. Néanmoins, les catalyses concernant l'Homme ont des états de métastabilité suffisamment définis pour que ces états méritent d'être reconnus comme des conditions relativement permanentes. »¹⁰⁰ Monod reprend cette même analogie, à partir de l'expérience de pensée de Maxwell imaginant un démon, capable de défier la loi de l'entropie. Or, comme le signale Monod, « la clé du paradoxe de Maxwell fut donnée par Léon Brillouin, s'inspirant d'un travail antérieur de Szilard : il démontra que l'exercice de ses fonctions cognitives par le démon devait *nécessairement* consommer une certaine quantité d'énergie qui, dans le bilan de l'opération, compensait précisément la diminution d'entropie du système. »¹⁰¹ Léon Brillouin consacre en effet tout un chapitre au démon de Maxwell dans son ouvrage portant sur *La science et la théorie de l'information*. Au chapitre XIII qui s'intitule en effet : « Le démon de Maxwell et le principe de néguentropie de l'information », Brillouin met en évidence que « toute mesure physique nécessite un accroissement correspondant de l'entropie »¹⁰² et précise dans cette même page que « cette loi très importante est une conséquence immédiate du principe de néguentropie de l'information. » Il reconnaît dès le début de ce chapitre la dette qu'il a envers Szilard qui, « dans un travail remarquable a montré que le démon agit sur l'information relative au mouvement intime du gaz et transforme réellement l'information en néguentropie. »¹⁰³ Il consacre le 6^{ème} § de ce chapitre au problème de Szilard et y souligne « l'œuvre de pionnier » effectuée par ce dernier qui « a publié un très remarquable travail sur le démon de Maxwell et a découvert, le premier,

⁹⁹ J. Monod, (1970), p. 92.

¹⁰⁰ N. Wiener, *La cybernétique, ou le contrôle et la Communication chez l'animal et dans la machine*, Paris, Hermann et New York, John Wiley et Fils, 1948, p. 72.

¹⁰¹ J. Monod, (1970) p. 82.

¹⁰² L. Brillouin, (1959) p. 162.

¹⁰³ L. Szilard, (1929) *Z. Physik*, 53, 840.

la liaison qui existe entre l'information et l'entropie. »¹⁰⁴ C'est pourquoi, à l'appui de cette thèse, Monod peut affirmer que les enzymes sont « créatrices d'ordre »¹⁰⁵, et que cette création d'ordre a lieu aux dépens d'une consommation de potentiel chimique. L'explication tient au fait qu'elles exercent leur fonction « démoniaque », grâce à leur capacité à former, avec d'autres molécules, des complexes stéréospécifiques et non-covalents. En effet, leur propriété de non-covalence fait que les complexes enzyme-substrat peuvent se faire et se défaire très rapidement, ce qui est la condition de leur haute activité catalytique. Monod parle en ce sens aussi de la fonction cognitive des protéines, comme on a pu parler de la fonction cognitive du démon de Maxwell : les protéines manifestent cette fonction précisément par leur propriété de reconnaissance stéréospécifique.

¹⁰⁴ L. Brillouin, (1959) p. 171.

¹⁰⁵ J. Monod, (1970) ch. 3 « Les démons de Maxwell. » p. 83.

Ces enzymes allostériques forment une espèce parmi l'ensemble des protéines globulaires et à ce titre, elles constituent comme des « embryons » de ces démons de Maxwell. Par-là, les protéines sont responsables de toutes les structures et performances téléonomiques¹⁰⁶ au sens où la notion de projet téléonomique s'inscrit dans les protéines. Comme il est dit au chapitre 5, « *l'ultima ratio* de toutes les structures et performances téléonomiques des êtres vivants est donc enfermée dans les séquences de radicaux de fibres polypeptidiques, « embryons » de ces démons de Maxwell que sont les protéines globulaires ». ¹⁰⁷ Les enzymes allostériques jouent le rôle des « démons de Maxwell », au sens où elles produisent de la différenciation là où on s'attendait à une homogénéisation ; elles utilisent un potentiel énergétique - ce qui correspond à un accroissement de l'entropie - qui compense, dans le bilan de l'opération, la diminution d'entropie du système. La protéine allostérique introduit ainsi des relations grâce auxquelles se construit un circuit cybernétique.

Se met au point un système cybernétique qui ne viole pas les lois physiques mais les utilise et les dirige pour constituer un être vivant capable de s'adapter et de se reproduire. Monod n'hésite pas à valoriser le rôle et la nature de ces êtres microscopiques que sont les enzymes allostériques, en les déclarant « bien plus intelligents encore que le démon de Maxwell-Szilard-Brillouin ¹⁰⁸», ce qui explique l'extraordinaire « puissance cybernétique » « dont peut disposer une cellule pourvue de quelques centaines ou milliers d'espèces de ces êtres microscopiques. »¹⁰⁹

Venons-en à l'allostérie proprement dite, phénomène appartenant à une classe précise de protéines, les protéines allostériques :

On peut formaliser brièvement le concept d'allostérie, en le comprenant comme un changement de conformation spatiale de la protéine. Comme on peut le lire dans un article récent : « De façon schématique, une enzyme devient active (ou inactive) après la fixation d'une molécule régulatrice qui en modifie les propriétés par un changement de conformation spatiale. »¹¹⁰

Cependant, la découverte de cette nouvelle propriété appartenant à la protéine revêt aux yeux des chercheurs rattachés à l'équipe de Monod des conséquences bien plus considérables que ce que cette simple définition nominale semble suggérer.

¹⁰⁶ J. Monod, (1970), p. 33.

¹⁰⁷ J. Monod, (1970), p. 126.

¹⁰⁸ J. Monod, (1970), p. 94.

¹⁰⁹ J. Monod, (1970), p. 94.

¹¹⁰ *Pour la science*, (oct.-déc. 2013), p. 42, article de J. Barrick et R. Breaker, « les ARN aux commandes ».

En effet, avec Wyman et Changeux, Monod pense ici détenir, « le deuxième secret de la vie », selon les déclarations faites à Horace Judson ; le « premier secret de la vie » résidant dans la découverte de la double hélice. Ce deuxième secret repose sur l'explication de la raison du changement d'activité d'une bactérie, par la simple considération de l'altérité de ses formes, passant par des phases transitionnelles pendant lesquelles ces formes se trouvent modifiées.

Dès 1961, Monod et Jacob présentent pour la première fois, de façon assez succincte, le modèle de l'allostérie dans la publication scientifique qui a pour titre « *General conclusions : teleonomic mechanisms in cellular metabolism, growth and differentiation.* »¹¹¹ Les deux publications scientifiques majeures concernant ce modèle datent de 1963 et de 1965. Il s'agit de deux articles publiés dans *le Journal de biologie moléculaire*, le premier de 1963 s'intitulant « *Allosteric proteins and cellular control systems* »¹¹², le second, de 1965 écrit avec Wyman, et Changeux s'intitulant pour sa part : « *On the Nature of allosteric transitions : a plausible model.* »¹¹³

À partir de 1965, avec la *Conférence Nobel* du 11 décembre 1965 de Monod, intitulée De l'adaptation enzymatique aux transitions allostériques, puis avec la *Leçon Inaugurale* au Collège de France du 3 novembre 1967, et ensuite avec le cours dans ce même Collège l'année 1969-1970 aboutissant à la rédaction de *HN*, nous avons une présentation de l'allostérie destinée au grand public et donc un peu moins technique que celle des premières publications citées, auxquelles Monod renvoie cependant en notes de bas de pages dans le *HN* pour plus de développements et d'éclaircissements.¹¹⁴ Ces présentations synthétiques et concises permettent de dégager trois grands axes d'analyse pour aborder ce modèle de l'allostérie :

- Tout d'abord, sa nature, c'est-à-dire ce qu'est l'allostérie proprement dite ; ce qui nécessite de mettre en lumière les propriétés des protéines allostériques tant au niveau de leur structure que de leur fonction, tout en expliquant les mécanismes qui sont à l'origine de ce qu'elles sont, à savoir « allostériques » et les mécanismes dont elles sont elles-mêmes l'origine, à savoir leur fonction essentiellement régulatrice.
- Une fois cette mise au point effectuée, nous étudierons les performances de ces protéines allostériques en termes d'énergie d'une part et d'autre part, leur immense champ de

¹¹¹ F. Jacob et J. Monod, In *Cold Spring Harbor Symposia on quantitative Biology* 26, 389-40, pp. 390-391.

¹¹² J. Monod, « Allosteric proteins and cellular control systems, » *J. Mol. Biol.* 6, 306-329 (1963).

¹¹³ J. Wyman, J.P. Changeux, J. Monod, « On the Nature of allosteric transitions: a plausible model », *J. Mol. Biol.* 12, 88-118; voir aussi Ch. Ullmann, Monod, « Un modèle plausible de la transition allostérique, » dans Mécanismes de régulation des activités cellulaires chez les microorganismes. *Colloque international du CNRS n°124*, Marseille 23-27 juillet 1963, éd. CNRS 1965 pp. 285-295.

¹¹⁴ J. Monod, (1970) pp. 96-97. Notes de bas de page.

possibilités, en raison de la « gratuité chimique » de leurs interactions qui découlent de leur structure.

Présentation de la protéine allostérique : sa structure, sa fonction.

Présentons tout d'abord le mécanisme à l'origine de la structure d'une protéine allostérique.

La structure d'une protéine allostérique :

Les protéines allostériques sont des enzymes d'un type particulier au sens où, contrairement à celles dont l'électivité d'action ne catalyse qu'une seule réaction, elles réagissent avec d'autres composés. Comme le dit Monod, ce sont « ces transitions discrètes de structure moléculaire de la protéine elle-même »¹¹⁵ qui vont être à l'origine de ce qu'il est convenu d'appeler « les interactions allostériques ». Ainsi, à certaines protéines, deux ou plusieurs états structuraux sont accessibles. La transition allostérique, déclenchée par la fixation stéréospécifique d'un métabolite particulier, fait passer la molécule d'un état R à un état T, comme l'indique le schéma du chapitre 4.¹¹⁶ Ces lettres ne sont pas données au hasard, puisque dans les publications scientifiques l'état R représente l'état relâché, et l'état T, l'état tendu ou contraint. L'état relâché fixe l'activateur, et dans ce cas, les contacts entre les unités sont distendus ; l'état tendu fixe l'inhibiteur, et dans ce cas, les contacts entre les unités sont resserrés.

D'où l'emploi, pour ce terme d'allostérie, de ce préfixe surdéterminé « allo » signifiant « autre » en grec, désignant à la fois une « autre » forme liée à d'« autres » sites. En effet, si la forme devient « autre » c'est parce que le site actif, qui est le site catalytique - qui fixe le substrat, c'est-à-dire le composé sur lequel agit la protéine - est « autre » que le site où se fixe l'effecteur. Ainsi, la protéine peut prendre d'autres formes discrètes et réversibles, au contact d'effecteurs présents dans le milieu. L'effet est donc dû intégralement à une altération conformationnelle réversible, induite dans la protéine lorsqu'elle fixe, par une liaison non-covalente, l'effecteur spécifique. On entend par effecteur précisément toute molécule qui joue le rôle d'activateur ou d'inhibiteur de l'activité de la protéine. Par conséquent, c'est l'activité de la protéine ou de l'enzyme qui peut se trouver modulée par la fixation de ces activateurs ou inhibiteurs à des sites distincts du site catalytique, ce n'est pas le substrat lui-même qui se trouve modifié directement par l'action de ces effecteurs. Les protéines allostériques ont une capacité à répondre immédiatement et de manière réversible à ces effecteurs qui agissent comme des signaux chimiques et peuvent n'avoir aucune relation avec leur substrat.

Les enzymes allostériques qui possèdent deux sites de fixation, l'un pour le substrat, l'autre pour l'inhibiteur ou l'activateur, font que la fixation d'un composé sur l'un des sites augmente

¹¹⁵ J. Monod, (1970), p. 94.

¹¹⁶ J. Monod, (1970), p. 95.

l'affinité de ce composé pour l'autre site, par un phénomène qu'on appellera plus tard la « coopérativité. »

La protéine est allostérique en raison d'interactions stéréospécifiques :

Il faut souligner que ces protéines, supposées posséder au moins deux sites récepteurs, non seulement ne se recouvrent pas mais encore sont stéréospécifiquement différentes. En effet, c'est en raison d'une association stéréospécifique avec un composé que le léger changement de structure de la protéine s'opère. De fait, en plus de reconnaître leur substrat spécifique, comme le font tous les enzymes « classiques », les enzymes allostériques reconnaissent, par association stéréospécifique, d'autres composés. Donc leur stéréospécificité s'applique à ces deux niveaux.

Les protéines allostériques sont décrites, suivant des relations de symétrie, comme des « cristaux fermés ».

La force de la théorie allostérique, dernière grande œuvre scientifique de J. Monod, à laquelle il attribue aussi le plus de valeur, provient, comme le souligne Michel Morange¹¹⁷, de l'importance qu'elle donne à la notion de symétrie, dont le rôle dans la physique contemporaine est fondamental. En effet, Monod prête aux protéines régulatrices des propriétés de symétrie les rendant capables d'osciller entre deux conformations symétriques, ayant chacune des fonctions différentes.¹¹⁸ Une protéine peut donc avoir, très ponctuellement une configuration différente à ses deux extrémités, pendant ce que l'on appelle la « transition allostérique », avant de reprendre ensuite un état symétrique. En effet, dès 1967, dans la *Leçon Inaugurale*, Monod fait remarquer que « cette théorie repose, en particulier, sur des considérations de symétrie moléculaire. » Dans *HN*, Monod insiste sur le fait que toutes les protéines allostériques constituent des oligomères, c'est-à-dire sont des polymères contenant un nombre fini, relativement petit, de sous-unités identiques, qui possèdent un axe de symétrie. Ce postulat de symétrie relève bien de ce postulat d'identité de toutes les sous-unités de l'oligomère. « La théorie, confirmée par l'expérience des cristallographes, montre que les protéines oligomériques tendent à adopter des structures telles que tous les protomères soient géométriquement équivalents ; les contraintes qu'ils subissent sont donc distribuées symétriquement entre les protomères. »¹¹⁹ Ainsi, les protéines allostériques constituent des structures fermées symétriques. En ce sens, Monod parle à leur sujet de véritables « cristaux fermés » : « Ces molécules constituent donc de véritables cristaux microscopiques, mais

¹¹⁷ M. Morange, *Pour la science*, (février-avril 2002), p. 56.

¹¹⁸ J. Monod, « *On symmetry and function in biological systems, in symmetry and function of biological systems at the macromolecular Level* », *Nobel Symposium* n°11, 1968, tr. fr. dans B. Fantini. (1988). Jacques Monod, *Pour une éthique de la connaissance* (1988), pp. 125-137.

¹¹⁹ J. Monod, (1970), p. 96.

appartenant à une classe particulière que j'appellerai celle des « cristaux fermés » car, contrairement aux cristaux proprement dits (construits selon l'un des groupes de l'espace), ils ne peuvent pas croître sans acquérir de nouveaux éléments de symétrie, tout en perdant (en général) certains de ceux qu'ils possédaient. »¹²⁰ Le modèle donné dans le *Symposium Nobel* traitant du passage de l'adaptation enzymatique aux transitions allostériques propose une « théorie unitaire », selon l'expression d'Henri Buc, pour chercher à comprendre « comment l'évolution a pu travailler au niveau moléculaire pour aboutir à une enzyme allostérique ». ¹²¹ Une partie de l'exposé de ce dernier est particulièrement riche d'enseignement. Nous nous permettons de le rapporter ici *in extenso* : « C'est parce que l'évolution n'avait cessé d'optimiser les performances des systèmes allostériques qu'il était possible de rechercher une solution structurale simple à ce problème et donc de proposer, dès 1965, une théorie unitaire : Dame Nature désirait disposer de mécanismes capables d'ouvrir et de fermer les voies métaboliques avec une efficacité maximale. Elle pensa utiliser les protéines en les arrangeant en structures oligomériques fermées. L'exigence impérieuse d'obtenir, à la fois, la réponse la plus abrupte à un signal régulateur et la stabilité maximale de l'édifice oligomérique imposa la solution qui persiste encore aujourd'hui : une transition concertée entre deux états, mais tous les deux symétriques dans l'oligomère. »¹²²

Dans *L'ordre biologique*, Lwoff consacre tout un chapitre à l'allostérie¹²³ qui met très bien en lumière l'intérêt de l'apport du modèle allostérique, en montrant que celui-ci peut être très bien illustré par le cas d'une protéine allostérique particulière, à savoir le répresseur, dans le modèle de l'opéron. Dans son exposé, il passe même de ce cas particulier très parlant au cas général de toute protéine allostérique : « Si nous voulons généraliser le cas de l'opéron où l'inducteur modifie le répresseur et diminue son affinité pour le gène opérateur, nous dirons : l'effecteur modifie la protéine et diminue son affinité pour son substrat. » L'inducteur est donc ici l'effecteur et le cas du répresseur est bien un cas particulier d'une protéine modifiée par un effecteur.

Cas particulier du répresseur dans le système de l'opéron Lactose :

Concrètement, comment cela se passe-t-il ? Nous allons voir que c'est l'explication par l'allostérie qui finalement donne la clé du maintien ou non du répresseur dans l'opéron. Dans

¹²⁰ J. Monod, (1970), p. 112.

¹²¹ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980), p. 223.

¹²² A. Lwoff et A. Ullmann, (1980), Article de Henri Buc. p. 223.

¹²³ A. Lwoff, (1970), à partir de la p. 101.

l'exemple du répresseur étudié plus haut, sa structure peut se définir selon deux sites, l'un le site substrat se fixant sur l'opérateur, et l'autre le site allostérique sur lequel se fixe momentanément, de façon très ponctuelle et réversible, l'effecteur, molécule inductrice qui régule l'activité de la protéine, soit en l'activant, soit en l'inhibant. La présence de cet effecteur va faire changer ponctuellement la forme de cette protéine au cours de ce qu'on a appelé « la transition allostérique », selon Changeux, Wyman, Monod. En effet, ici le répresseur voit sa structure légèrement modifiée par la fixation de l'inducteur, ce qui a pour conséquence qu'il se détache du site opérateur et qu'ainsi, il libère la synthèse des trois protéines qu'il retenait réprimée par la position même de ce répresseur qui, accolé à l'opérateur bloquait le segment promoteur, placé en amont du segment opérateur, et l'empêchait ainsi d'initier la synthèse de l'ARN messager en vue de la transcription.

En provoquant une altération réversible discrète de la structure moléculaire de la protéine du site actif, l'effecteur change un ou plusieurs paramètres cinétiques qui caractérisent l'activité biologique de la protéine. Car comme l'explique Nicolas Aumonier,¹²⁴ « dans la construction d'une protéine allostérique, l'effecteur ne peut réagir ou interagir directement avec les substrats ou les produits de la réaction mais seulement avec la protéine elle-même. » Dans ce système lactose que nous avons pris comme exemple, nous avons mis en lumière le fait que ce n'est pas l'activité chimique du β -galactoside qui produit la β -galactosidase qui hydrolyse le β -galactoside mais que celui-ci joue le rôle d'un inducteur en levant l'inhibition du répresseur. Nous voyons que la force du modèle de l'allostérie lui vient en partie de son application au système de l'opéron lactose. Pour la première fois, la nature protéique du répresseur est affirmée.¹²⁵ C'est bien la transition allostérique qui permet d'expliquer que le répresseur puisse se lier ou se détacher du site opérateur tandis qu'un effecteur allostérique, reconnu comme signal, déclenche la transition en se fixant sur le site allostérique du répresseur. Comme l'explique Michel Morange¹²⁶ : « l'interaction protéine-ADN peut être inhibée par la fixation d'un dérivé du lactose à un autre site de la molécule du répresseur. Beaucoup d'autres protéines ou enzymes ont les mêmes propriétés : leur activité peut être modulée par fixation d'activateurs ou d'inhibiteurs à des sites distincts du site catalytique. »¹²⁷. Claude Debru en vient ainsi à définir l'allostérie¹²⁸ : « L'allostérie désigne le fait que la protéine répresseur, qui se fixe normalement sur la zone dite « opérateur » de

¹²⁴ N. Aumonier, (1999), p. 744.

¹²⁵ F. Jacob, R. Sussman et J. Monod, (1962) « Sur la nature du répresseur assurant l'immunité des bactéries lysogènes », *Comptes rendus Acad. Sci.*, t.254, 1962, p.4214-4216.

¹²⁶ M. Morange, (2003), p. 208.

¹²⁷ M. Morange, (2003), p. 208.

¹²⁸ C. Debru, (1987), p. 45.

l'ADN et empêche de cette manière le gène de l'enzyme d'être transcrit, est sensible à certains métabolites qui en modifient l'activité. Cette modification se fait par une modification de la structure qui rend celle-ci inapte à se fixer sur l'opérateur. »¹²⁹

Ce sont ces découvertes qui permettent à Monod de mettre au point le modèle structural dit « allostérique », très riche en information sur l'enzyme et sa structure. La dualité d'un site de contrôle et d'un site de structure au sein du répresseur (c'est-à-dire la dualité d'un site de contrôle allostérique d'une structure protéique), et d'un site auquel s'applique ou non cette structure (opérateur ou site substrat) permet d'expliquer les modalités d'exercice d'un contrôle génétique sur une structure génétique.

La fonction d'une protéine allostérique :

Présentons à présent le mécanisme dont la protéine elle-même est à l'origine : sa fonction apparaît essentiellement régulatrice. Les propriétés allostériques de certaines protéines peuvent entièrement s'expliquer par ces transitions entre deux états alternatifs de conformation.¹³⁰ D'où l'idée d'une régulation binaire par marche-ou-arrêt qui est adoptée par Monod, Wyman et Changeux¹³¹. *HN* se fait l'écho également de cette découverte. C'est au chapitre 4 « La cybernétique microscopique » de *HN* que se trouve exposé le mécanisme des interactions allostériques. Il est très révélateur que l'allostérie soit présentée dans le cadre de la cybernétique moléculaire. Tout le propos de Monod consiste à montrer que « les opérations cybernétiques élémentaires sont assurées par des protéines spécialisées, jouant le rôle de détecteurs et intégrateurs d'information chimique. » Détecteurs au sens, nous allons le voir, de signal et de transducteur ou encore médiateur d'information, et intégrateurs car permettant une régulation après avoir reconnu les effecteurs, « mesuré » leurs concentrations en y répondant par une activité représentant l'information provenant de l'effecteur ou de sa sommation, s'ils sont plusieurs. Les complémentarités spécifiques entre enzymes et substances inductrices, appelées souvent « effecteurs », sont donc la base d'un système de régulation qui se combine avec les autres.

En effet, pour rendre compte des protéines régulatrices, ce sont ces enzymes dits « allostériques » qui sont les mieux connus, à l'époque. Monod précise que si comme les enzymes classiques, ceux-ci reconnaissent, en s'y associant, un substrat spécifique et activent la conversion en produits, en outre, « ces enzymes ont la propriété de reconnaître électivement un ou plusieurs autres composés dont l'association (stéréospécifique) avec la protéine a pour effet de modifier, c'est-à-dire, selon les cas, d'accroître ou d'inhiber son activité à l'égard du

¹²⁹ C. Debru, (1987) p. 45.

¹³⁰ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980) p. 107.

¹³¹ J. Monod, J. Wyman et J-P. Changeux, (1965) « *On the nature of allosteric transitions : A plausible model* » *J. Mol. Biol.*, 12, 1965, pp. 8-118.

substrat »¹³² : c'est bien en cela que leur fonction est régulatrice. Les effecteurs agissent en effet sur l'activité même de la protéine et non pas sur la conversion en produits du substrat. Les enzymes allostériques constituent à la fois une unité de fonction chimique et un élément médiateur d'interactions régulatrices.

Leurs propriétés permettent de comprendre comment l'état homéostatique du métabolisme cellulaire est conservé au maximum d'efficacité et de cohérence.¹³³ « Le contexte de l'allostérie n'est pas celui d'une libre et continue « oscillation » entre plusieurs conformations mais celui du choix d'une conformation plus stable qu'une autre dans un certain contexte, » comme le souligne Nicolas Aumonier¹³⁴. C'est en fonction de la concentration d'un certain composé de la cellule que le choix de ces deux états s'effectue pour ces protéines allostériques, gardiennes de l'homéostasie. Mais il est tout aussi juste de dire que les propriétés régulatrices de ces protéines proviennent de cette possibilité d'« osciller » entre deux conformations symétriques, chacune de celles-ci ayant une fonction et des propriétés d'interactions différentes.

Les interactions allostériques assurent divers modes régulateurs : inhibition rétroactive, activation rétroactive, activation en parallèle, activation par un précurseur.

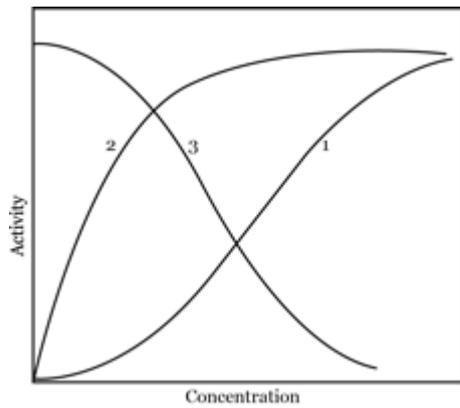
Tous ces modes de régulation ont pour effet, soit de gouverner une vitesse de synthèse : c'est le cas dans l'inhibition rétroactive dans laquelle l'enzyme est inhibé par la réaction finale ; soit de contribuer à maintenir le niveau de potentiel chimique : quand, au contraire, l'enzyme se trouve activé par un produit du métabolite ultime, ce qui est le cas dans l'activation rétroactive ; soit encore, d'ajuster des concentrations de métabolites : ce qui se passe dans l'activation en parallèle, quand l'enzyme est activé par un métabolite produit par une séquence parallèle ; soit enfin d'asservir « la demande » à « l'offre » : ce qui se produit dans l'activation avec un précurseur, signifiant que l'enzyme est activé par un corps qui est un précurseur plus ou moins lointain de son substrat immédiat. Souvent, il faut prendre en compte le fait que l'enzyme allostérique est assujetti à plusieurs effecteurs, soit antagonistes soit coopératifs : dans ce cas, selon ce que nous avons déjà évoqué un peu plus haut, « l'enzyme reconnaît tous les effecteurs, « mesure » leurs concentrations relatives, et son activité à tout instant représente la sommation de toutes ces informations.¹³⁵ » Ces régulations deviennent très raffinées dans les modes régulateurs des voies métaboliques « branchées » où la régulation obéit à deux ou plusieurs métabolites finaux, et non pas à un seul.

¹³² J. Monod, (1970), p. 88.

¹³³ J. Monod, (1970), p. 88.

¹³⁴ N. Aumonier, (1999), p. 812.

¹³⁵ J. Monod, (1970), p. 91.



L'énergie considérable dégagée par ce « relais » moléculaire. C'est sur la symétrie de ces structures moléculaires que repose l'interprétation d'une des propriétés les plus remarquables des interactions allostériques : leur non-linéarité dans la courbe de réponse ; les courbes de fixation du substrat sont en effet sigmoïdales, ce qui exprime le peu d'énergie d'activation, proportionnellement inverse à l'énergie

qu'elles provoquent dans la réaction. « Grâce à cette propriété, les protéines allostériques peuvent être considérées comme de véritables amplificateurs de signaux chimiques, fonctionnellement comparables aux relais amplificateurs employés dans les circuits électroniques. Le mot de relais convient à plus d'un titre, comme l'explique Monod dans la *Leçon Inaugurale* : tout d'abord, « parce que le rôle des protéines allostériques est véritablement d'établir une communication, un couplage, entre des voies métaboliques qui, chimiquement indépendantes, n'acquièrent leur valeur téléonomique qu'au prix d'une étroite coordination » ;¹³⁶ mais aussi parce qu'« étant non covalentes et réversibles, elles ne font intervenir que des énergies très faibles, »¹³⁷ pouvant cependant déclencher une opération considérable ; « tout comme, le suggère également Monod dans *HN*, dans des circuits électroniques d'automatisme où l'énergie très faible consommée par un relais pourra déclencher une opération considérable, telle que, par exemple la mise à feu d'une fusée balistique. »¹³⁸ L'analogie va plus loin encore : une dernière raison évoquée dans *HN* est que, comme dans un relais électronique, on a intérêt à ce que la réponse soit non linéaire pour permettre ainsi des effets de seuil assurant une régulation plus précise. « De même qu'un relais électronique peut être asservi simultanément à plusieurs potentiels électriques, de même un enzyme allostérique l'est, en général, à plusieurs potentiels chimiques. Comme on le sait, il y a généralement intérêt à ce que la réponse d'un relais électronique soit non linéaire par rapport aux variations du potentiel qui le gouverne. On obtient ainsi des effets de seuil assurant une régulation plus précise. Le graphique représentant la variation d'activité d'un tel enzyme en fonction de la concentration d'un effecteur (y compris le substrat) est presque toujours sigmoïdal. »¹³⁹ Il s'agit des courbes 1 et 3 présentées ci-dessus.

¹³⁶ J. Monod, (1967) p. 11.

¹³⁷ J. Monod, (1967) p. 11.

¹³⁸ J. Monod, (1970), p. 93.

¹³⁹ J. Monod, (1970), p. 93.

Nous trouvons le schéma de ces courbes sigmoïdales montrant l'influence de l'effecteur sur l'activité de la protéine paru dans la publication d'Earl Reece Stadtman à laquelle se réfère Monod dans *HN*¹⁴⁰ intitulée « *Allosteric regulation of enzyme activity* »¹⁴¹, dans la partie B, « *Kinetic properties* », dans le paragraphe intitulé « *Cooperative interactions* » qui est très éclairant à ce sujet et dont voici la libre traduction d'un extrait : « Quel que soit le mécanisme, la réponse sigmoïdale de l'activité de l'enzyme aux concentrations croissantes du substrat ou de l'effecteur allostérique est d'une signification d'ordre pratique considérable. Car, comme le montre Changeux, avec une telle réponse, existe, en fait, un seuil de concentration en dessous duquel l'activité de l'enzyme est relativement insensible aux changements de concentrations ou d'effecteurs, mais au-delà duquel des changements relativement importants dans l'activité de l'enzyme sont obtenus par de petits changements dans la concentration de l'effecteur. Cette situation assure une extrême sensibilité de l'activité de l'enzyme à de très faibles variations sélectionnées de concentration de substrat et d'effecteurs. »¹⁴²

La notion de gratuité chimique ouvre à ces enzymes allostériques d'immenses possibilités.

Dès la *Leçon Inaugurale* du 3 novembre 1967, Monod affirme qu'« il apparaît possible aujourd'hui de reconnaître à certaines classes de molécules une fonction spécifiquement coordinatrice. Ces molécules sont des protéines, dites « allostériques », douées, de par leur structure, de la propriété de s'associer, électivement et réversiblement, avec une ou plusieurs espèces chimiques différentes, au besoin dépourvues, l'une à l'égard de l'autre, de toute analogie structurale, de toute affinité, de toute réactivité chimique. Entre ces corps qui chimiquement s'ignorent, entre lesquels, livrés à eux-mêmes, aucun échange d'énergie n'aurait lieu, aucune influence ne s'exercerait, une interaction élective s'établit par l'intermédiaire de la protéine allostérique. L'analyse de ces interactions, leur interprétation, est un sujet de recherches en plein développement à l'heure actuelle. »

Ces interactions allostériques sont *chimiquement* gratuites en ce qu'elles ne sont asservies ou limitées en aucune façon par la structure, la réactivité ou l'affinité des corps, dépendant exclusivement de la protéine elle-même, de sa structure, dictée en toute liberté par l'ADN. »

Et Monod de conclure dès la *Leçon* : « On voit clairement ici comment, grâce à « l'invention » des protéines allostériques, l'évolution moléculaire a pu libérer peu à peu les systèmes vivants des contraintes chimiques (structurales et thermodynamiques) qui eussent

¹⁴⁰ J. Monod, (1970), p. 91.

¹⁴¹ E.R. Stadtman, (1966) « Allosteric regulation of enzyme activity », *Advances in enzymology*, 28, p. 49.

¹⁴² E.R. Stadtman, (1966) « Allosteric regulation of enzyme activity », *Advances in enzymology*, 28, p. 49.

sans cela interdit l'émergence du prodigieux édifice fonctionnel que représente la cellule, telle que nous la connaissons aujourd'hui. »¹⁴³

La science de l'enzymologie établit que les « protéines allostériques » ont permis aux systèmes vivants de se libérer des contraintes chimiques et thermodynamiques. En effet, il n'y a aucun lien chimique entre l'effecteur - qui active ou inhibe - et le substrat : c'est la protéine qui établit un lien entre les deux. Il n'y a donc pas de réactions chimiques : ce sont les ligands qui s'encastrent et l'activité catalytique de la protéine avec le substrat sera activée ou inhibée. Par exemple, dans le système lactose, ce n'est pas l'activité chimique du β -galactoside qui produit la β -galactosidase qui hydrolyse le β -galactoside ; le β -galactoside joue le rôle d'un inducteur en levant l'inhibition du répresseur. C'est un circuit cybernétique qui s'établit. Nous pouvons penser également en ce sens à l'exemple de l'hémoglobine qui transporte l'oxygène, étudiée par Max Perutz. Celui-ci montre bien en effet, selon les propos de M. Morange, que « cette protéine est symétrique et change de conformation lorsqu'elle lie l'oxygène, telle une enzyme allostérique. »¹⁴⁴

Quels que soient les exemples pris de protéines allostériques, il n'y a pas d'interactions chimiques directes entre les protéines allostériques mais celles-ci sont des récepteurs et des transducteurs moléculaires de signaux chimiques, phénomène conceptuellement analysé par Monod avec l'introduction de la notion de « gratuité ». Monod l'utilise en ces termes plus précis encore dans *HN* : « Cette notion fondamentale de gratuité, c'est-à-dire d'indépendance chimique entre la fonction elle-même et la nature des signaux chimiques auxquels elle est asservie, s'applique aux enzymes allostériques (...) Entre le substrat d'un enzyme allostérique et les ligands qui activent ou inhibent son activité, il n'existe aucune relation *chimiquement nécessaire* de structure ou de réactivité. »¹⁴⁵ Ainsi, un enzyme allostérique ne participe en rien, sauf de façon indirecte à la réaction elle-même. Comme le fait remarquer Nicolas Aumonier, « l'absence de toute analogie chimique ou de toute réactivité entre le substrat et l'effecteur allostérique est essentielle car les effets allostériques doivent être distingués de l'action des coenzymes qui réagissent avec le substrat et ont donc quelque réactivité chimique à son égard. »¹⁴⁶ De plus, lorsqu'il y a plusieurs ligands, les interactions se font entre chaque ligand et la protéine mais ne se font pas entre eux : ces interactions sont donc totalement indirectes.

C'est pourquoi, par l'intermédiaire d'une protéine allostérique, toute régulation devient possible. « Il en résulte, et c'est là le point fondamental, qu'en fait de régulation par

¹⁴³ J. Monod, (1967), *Leçon inaugurale*, p. 11.

¹⁴⁴ M. Morange, *Pour la science*, avril 2002, p. 53.

¹⁴⁵ J. Monod, (1970), p. 103.

¹⁴⁶ N. Aumonier, (1999), thèse p. 735.

l'intermédiaire d'une protéine allostérique, *tout est possible*. Une protéine allostérique doit être considérée comme un produit spécialisé d'« engineering » moléculaire, permettant à une interaction, positive ou négative, de s'établir entre des corps dépourvus d'affinité chimique et ainsi d'asservir une réaction quelconque à l'intervention de composés chimiquement étrangers et indifférents à cette réaction. Le principe opératoire des interactions allostériques autorise donc une entière liberté dans le « choix » des asservissements qui, échappant à toute contrainte chimique, pourront d'autant mieux n'obéir qu'aux contraintes physiologiques en vertu desquelles elles seront sélectionnées selon le surcroît de cohérence et d'efficacité qu'elles confèrent à la cellule ou à l'organisme. C'est en définitive la gratuité même de ces systèmes qui, ouvrant à l'évolution moléculaire un champ pratiquement infini d'exploration et d'expériences, lui a permis de construire l'immense réseau d'interconnexions cybernétiques qui font d'un organisme, une unité fonctionnelle autonome, dont les performances paraissent transcender les lois de la chimie, sinon leur échapper.»¹⁴⁷ Monod met ainsi en évidence qu'en substituant l'interaction indirecte à l'action chimique directe, l'allostérie rend possible ce qui était chimiquement impossible : n'importe quelle substance, capable de se fixer sur un site allostérique et d'être reconnue comme signal, peut avoir un effet régulateur. Cela permet à la sélection de développer et de connecter entre eux les circuits très complexes des organismes vivants. « C'est dans la structure même de ces molécules, poursuit Monod, qu'il faut voir la source ultime de l'autonomie, ou plus exactement de l'autodétermination qui caractérise les êtres vivants dans leurs performances. »¹⁴⁸

Comme le fait remarquer Claude Debru¹⁴⁹, « la puissance d'une conception comme l'allostérie déborde largement le cadre dans lequel elle a été élaborée, l'étude de celles des enzymes par exemple ou de l'hémoglobine. Elle pénètre la neurochimie, le fonctionnement des récepteurs neuronaux. » Monod reste modeste dans la *Leçon Inaugurale* quant au fait qu'« il reste que, jusqu'à présent et quoique les généralisations théoriques fassent apparaître des possibilités très variées d'application, le rôle essentiel des interactions allostériques n'est prouvé expérimentalement qu'au niveau cellulaire. »¹⁵⁰ Monod poursuit cependant en faisant valoir la fécondité de cette théorie à tous les niveaux d'analyse du vivant : « Les organismes pluricellulaires n'ont pu émerger que grâce à l'apparition de nouveaux réseaux de coordination ; dans l'ordre de complexité, on doit distinguer :

- 1) les coordinations résultant d'interactions directes, de contact entre cellules,
- 2) les corrélations endocrines,

¹⁴⁷ J. Monod, (1970), p. 103.

¹⁴⁸ J. Monod, (1970), p. 104

¹⁴⁹ C. Debru, (1987), p. 27.

¹⁵⁰ J. Monod (1967), p. 11.

3) le système nerveux. »¹⁵¹

Or, quels que soient ces niveaux, Monod insiste en cette page de la *Leçon inaugurale*, sur l'importance majeure du niveau cellulaire. « Tous ces systèmes fonctionnent par l'intermédiaire de signaux chimiques qui, en dernière analyse, agissent au niveau cellulaire. »¹⁵² Il émet alors l'hypothèse que tous ces systèmes fonctionnent parce que reliés les uns aux autres par des ligands allostériques. Certes, il évoque le caractère encore inconnu de ce mode de fonctionnement en réseau : « À l'heure actuelle encore, dit-il, en effet, le mode d'action moléculaire de ces signaux, qu'il s'agisse de médiateurs de l'influx nerveux comme l'acétylcholine, ou d'hormones telles que les stéroïdes, demeure presque totalement inconnu. Il est tentant de supposer que ces corps pourraient jouer le rôle de ligands allostériques, ce qui impliquerait que, dépourvus par eux-mêmes de signification, leur interprétation comme signal dépendrait exclusivement du programme cellulaire. Ainsi pourrait-on comprendre qu'un même corps puisse produire des effets primaires différents, selon le tissu ou l'organe récepteur.

Il ne s'agit là encore que de spéculations. Il est certain en tout cas que c'est dans ce domaine et pour la solution de ces problèmes téléonomiques fondamentaux que l'embryologie, la physiologie endocrine, la neurophysiologie et la biologie moléculaire sont appelées, dès maintenant, à se rejoindre.

Disons que je serais surpris et ma foi dans l'unité du monde déçue, si ce prodigieux organe de coordination téléonomique, le système nerveux central de l'homme, n'utilisait pas ce moyen de communication moléculaire, déjà découvert par les bactéries, que représentent les interactions moléculaires. »¹⁵³

Or, cette intuition première est largement confirmée. Comme le souligne M. Morange, « la régulation allostérique occupe aujourd'hui une place importante dans les descriptions des biologistes : l'idée qu'une petite molécule, une hormone, un métabolite, une petite protéine, peuvent se fixer à une autre protéine, est unanimement acceptée. La fixation de certaines molécules à leurs récepteurs, le fonctionnement de voies de signalisation ou l'activation de la transcription ne sauraient être décrits sans faire appel à de tels changements de conformation. Dans ce sens, le concept d'allostérie est devenu une partie intégrante du 'paradigme' biologique actuel. »¹⁵⁴

¹⁵¹ J. Monod, (1967), p. 11.

¹⁵² J. Monod, (1967), p. 11.

¹⁵³ J. Monod, (1967), *Leçon inaugurale*, pp. 11-12.

¹⁵⁴ M. Morange, *Pour la science*, avril 2002, p. 51.

Ainsi, la mise en évidence des interactions allostériques régulatrices montre le caractère fondamental de ce modèle intervenant dans le contrôle du métabolisme cellulaire. La théorie de l'allostérie est, par conséquent, tout aussi bien la théorie de la régulation de l'activité enzymatique. En décrivant la fonction des enzymes « allostériques » dans le cadre de l'expression des gènes, Monod entend montrer comment ces enzymes jouent un rôle médiateur d'interaction dans le cadre de régulations, au niveau du métabolisme cellulaire. Par-là, il devient envisageable de comprendre comment, par la sélection des structures adéquates des protéines allostériques, ont pu apparaître toutes les connexions qui contrôlent l'usage physiologique de voies métaboliques dans la cellule ou de tissus dans l'organisme.

DISCUSSION SUR L'ALLOSTÉRIE :

Le modèle de l'allostérie, si séduisant qu'il soit, et en dépit de la richesse des potentialités multiples qu'il permet de mettre en lumière, s'est trouvé contesté pour plusieurs raisons. Il nous faut évoquer ces motifs de contestation. Les premiers tiennent à la nature trop large du concept d'allostérie ; d'autres, au fait que cette notion d'allostérie ne rendrait pas compte de la réalité au motif qu'elle repose sur la notion de stéréospécificité, elle-même jugée suspecte. De plus, il conviendra de se demander s'il ne faut pas également relativiser la solidité de ce modèle de l'allostérie en évoquant un autre modèle, le modèle informatif de Daniel Koshland qui fait concurrence à celui de Monod. Ce modèle repose, en effet, pour le dire brièvement ici, sur une action directe de l'effecteur sur le site actif de la protéine et non sur une action indirecte, en dehors du site actif, comme chez Monod. Enfin, il conviendra d'évaluer la notion de « gratuité », inhérente à l'action des protéines allostériques, qui paraît pourtant si féconde et riche de sens, face au rôle important de toutes les contraintes chimiques qui viennent s'y opposer, et peut-être la contrer, d'une certaine manière.

Tout d'abord, voyons si l'allostérie est effectivement un **concept « fourre-tout » et porteur de flou** ? Concept trop vaste et s'appliquant à de nombreux cas ?

Boris Magasanick dit que « l'allostérie est le concept le plus décadent de la biologie », critique qui ne sera pas ignorée de Monod lui-même qui en fait part dans sa conférence Nobel.¹⁵⁵ De même, André Lwoff et Agnès Ullmann émettent aussi des réserves en ce sens.¹⁵⁶ Il est vrai que l'allostérie rend possible l'interprétation et l'intégration d'observations isolées en un concept unifiant cohérent ; d'où les inconvénients et les dangers, sans doute, d'un concept doté d'un tel pouvoir d'explication qui s'applique à des cas très divers.

¹⁵⁵ J. Monod, p. 69, « Conférences Nobel. Stockholm 1965 », *Sciences*, n°43-44, mai-août 1966.

¹⁵⁶ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980), p. 15.

Pour Claude Debru, la notion même de stéréospécificité est porteuse de flou. Par exemple, on peut évoquer cette observation dans *L'esprit des protéines* : « Monod traduit les propriétés macromoléculaires dans un langage pénétré de connotations anthropomorphiques. »¹⁵⁷ De fait, la question de la gratuité est liée à celle de la capacité de choix de la protéine qui agit en qualité d'agent discriminant. Or, **en donnant à ces protéines allostériques une capacité de choix, Monod fait un choix métaphysique qui consiste à en faire des agents.** Il parle en ce qui concerne ces protéines, de leur capacité à « reconnaître d'autres molécules »¹⁵⁸, et insiste sur « l'importance centrale » de la notion de complexe stéréospécifique « pour l'interprétation de tous les phénomènes en termes de choix, de discrimination élective, qui caractérisent les êtres vivants. »¹⁵⁹ En cela, Monod tombe, semble-t-il, malgré lui, dans le piège du vitalisme qu'il ne cesse de dénoncer par ailleurs. Cette critique se prolonge encore lorsque celui-ci cite la définition de la gratuité que choisit Monod : « Entre le substrat d'une enzyme allostérique et les ligands qui activent ou inhibent son activité, il n'existe aucune relation chimiquement nécessaire de structure ou de réactivité. »¹⁶⁰ D'où la notion de « gratuité », qui est une façon, au dire de C Debru de « baptiser l'arbitraire chimique. » D'après Claude Debru, « la séduction philosophique de cette conception n'a d'égale que son obscurité. »¹⁶¹ Or, c'est sur de telles bases, à savoir le réseau entretenu par l'ensemble des protéines allostériques, d'après Monod, qu'« il nous devient possible de comprendre en quel sens très réel l'organisme transcende en effet, tout en les observant, les lois physiques pour n'être plus que poursuite et accomplissement de son propre projet. »¹⁶² Ainsi, dans l'esprit de Monod, la « cybernétique microscopique » fait de la « gratuité » l'instrument de la « téléonomie. » C'est précisément l'arbitraire chimique qui permet l'affranchissement téléonomique. La gratuité permet la liberté. Cette conception de la gratuité allant de pair avec la recherche d'une liberté absolue chez Monod n'est pas sans rappeler la dimension de gratuité dans l'acte gratuit, totalement indépendant de toute cause autre que lui-même mis en avant par Gide, et d'une certaine façon aussi, par Camus. En effet, par l'acte de tuer de Lafcadio, le héros des *Caves du Vatican* de Gide voudrait illustrer un agissement qui déploie un mouvement totalement libre du corps sans préméditation ni raison, répondant à un simple mouvement incoercible de se dépenser. *L'étranger* de Camus se fait l'écho d'un type d'action similaire, totalement imprévisible, et dont l'arbitraire comporte un élément de pur jaillissement, pensant en cela conférer à son auteur un acte d'une absolue liberté, détaché de tout comportement justifié et raisonné au

¹⁵⁷ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980), p. 15.

¹⁵⁸ J. Monod (1970), p. 68.

¹⁵⁹ J. Monod (1970), p. 81.

¹⁶⁰ J. Monod, (1970), p. 103.

¹⁶¹ C. Debru, (1983), p. 273.

¹⁶² J. Monod, (1970), p. 107.

préalable : son projet n'a d'égal que sa pleine réalisation, et se trouve effectif seulement en celle-ci, sans qu'aucune préméditation préalable ne le génère. Le choix de ce terme ne plongerait pas tant ses racines dans le terme théologique de la grâce, à notre avis, comme ceci a pu être suggéré,¹⁶³ que dans le vocabulaire de l'action détachée de tous conditionnements ou de toutes motivations antérieures, dont le seul projet est l'action elle-même, dans son mouvement, fût-il absurde ou, ce qui en est l'équivalent, vide de sens. Conception qui effectivement donne une grande latitude de jeu à l'effectuation des vivants et à leurs réalisations mais qui se joue sous le régime de l'arbitraire total. A l'aune de ces remarques, on peut ici juger que la critique sur les de C. Debru en raison de ses connotations anthropomorphiques est sans doute plus juste que celle qui sanctionne cette conception au vu de son obscurité.

Par ailleurs, Jean-Jacques Kupiec va jusqu'à envisager le principe même de stéréospécificité comme totalement faux. Voici comment il exprime cette idée dans *La Recherche* : « L'idée mise en avant pour expliquer le programme génétique, et plus généralement toute la biologie cellulaire, est que la structure tridimensionnelle des molécules constituant les êtres vivants, en particulier des protéines et de l'ADN, leur permet de s'emboîter selon un système clé/serrure excluant le hasard, comme les pièces d'un puzzle. On parle d'interactions spécifiques. Or, ce principe de stéréospécificité est faux : les molécules peuvent interagir avec de très nombreux partenaires et le choix du partenaire est aléatoire. C'est le cas de nombreuses protéines qui ont de très grandes régions intrinsèquement désordonnées qui ne peuvent donner par elles-mêmes de structures tridimensionnelles stables. En fonction du partenaire avec lequel elles interagissent, elles peuvent adopter une conformation spéciale, mais le choix du partenaire est aléatoire et dépendant des rencontres entre les molécules. »¹⁶⁴ Jean-Jacques Kupiec et Pierre Sonigo développent encore ce point de vue, de façon détaillée, au chapitre 3 « La liberté biologique »¹⁶⁵ de *Ni Dieu ni gène* : « Une protéine trouverait sa place dans une cellule parce qu'elle y serait dirigée par un signal codé dans sa séquence d'acides aminés, qui déterminerait sa propriété de stéréospécificité envers les autres constituants cellulaires. Physiquement, cette notion reposerait sur la forme et la charge électrostatique des molécules. [...] ; ce concept est extrêmement puissant puisqu'il permet d'expliquer l'ontogénèse [...]. La construction de la structure ABCD est un phénomène totalement déterminé par les relations spécifiques de ces molécules et ne laisse aucune place au hasard. » Or, c'est cette conception essentialiste, qui remonte à Aristote, que

¹⁶³ N. Aumonier, Tome 2, p. 751. « La gratuité, pour Monod, devait être comprise au sens théologique de ce qui est créé par la liberté de la grâce, que celle-ci soit celle de Dieu ou celle de l'évolution. »

¹⁶⁴ J.-J. Kupiec, *La Recherche*, octobre 2009, n° 434.

¹⁶⁵ J.-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 68-71 et p. 80-83.

J. J Kupiec récuse alors : « Cette conception de l'ordre biologique est identique à celle de l'ordre de la cosmologie d'Aristote. Dans celle-ci, une chose trouvait sa place selon sa nature, qui déterminait une relation spécifique avec un lieu. D'après la théorie moléculaire, une molécule trouve sa place d'après l'information qu'elle contient (nature), qui détermine ses propriétés et ses relations stéréospécifiques avec les autres constituants de la cellule. »¹⁶⁶

A l'opposé, J. J. Kupiec fait valoir que « l'on a découvert des molécules qui ne possèdent pas ce caractère d'exclusivité dans l'interaction avec d'autres molécules. »¹⁶⁷ Que penser de ces observations ? La notion de programme issue de Monod continue, semble-t-il, de rester pertinente à plusieurs égards : tant au niveau de l'expression des gènes qui fabriquent les protéines selon l'assemblage requis par le code - d'abord en chaîne linéaire d'acides aminés puis selon la forme tridimensionnelle - qu'au niveau des chaînes de production. Se trouvent en effet déjà là, dans le code, un gène ou un ensemble de gènes qui vont donner les instructions pour faire la synthèse des enzymes. Dans l'exemple du métabolisme d'une cellule que prend Jean-Jacques Kupiec, il parle du rôle des enzymes de phosphorylation, inhibés quand le métabolisme n'est pas élevé, activés quand le métabolisme est élevé. Certes cette description est tout à fait valable mais elle semble passer sous silence le fait que les enzymes sont elles-mêmes codées. Autrement dit, les cascades de réactions si bien décrites sont déjà orientées dans le codage qui présuppose un système d'enzymes, inhibé ou activé par le métabolisme, capable de transformer le produit du métabolisme et qui peut phosphoryler le régulateur afin de stabiliser l'expression de certains gènes. On peut donc dire que, d'une certaine façon, l'interactivité des protéines, autrement dit, leur puissance d'interagir, se situe déjà dans le codage. Plusieurs exemples peuvent illustrer cette vue des choses, comme le décrit un article de François Taddei, Ivan Matic et Miroslav Radman¹⁶⁸ : dans ces exemples, il est fait allusion au système SOS qui aide les bactéries à survivre aux lésions de l'ADN ; ou bien au système de la correction des erreurs de duplication de l'ADN avec une protéine de réparation qui détecte l'erreur et des enzymes qui découpent les zones lésées. Toutes ces analyses visent à signaler que tous ces systèmes sont mis en place en amont, dans le codage, qui va ensuite initier l'expression génétique ou non des protéines.

De plus, d'autres sujets de discussion se font jour car les débats autour de la formation des voies de la biosynthèse, non plus, ne sont pas clos :

¹⁶⁶ J-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000), p.70-71.

¹⁶⁷ J-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000), pp. 80-81.

¹⁶⁸ F. Taddéi, I. Matic et M. Radman, *Pour la science* « L'évolution, rien ne l'arrête » n°63, avril-juin 2009, pp. 42-50.

Tout d'abord, existe un premier débat autour de la théorie sélective du modèle Monod-Wyman-Changeux et de la théorie informative de Koshland. Un article d'Henri Buc met ce débat en relief.¹⁶⁹ Dans le modèle Monod-Wyman-Changeux, un des états préexistants de la protéine est sélectionné par un effecteur métabolique, effecteur dont la concentration reflète un besoin physiologique particulier de la cellule. Selon Koshland au contraire, l'effecteur informe la structure protéique et commande son changement conformationnel. En fait, **Daniel Koshland a proposé une autre théorie de la régulation de l'activité enzymatique** qui rend compte dans tous les cas du comportement des enzymes régulées, alors que la théorie de Monod ne s'applique qu'à certains cas particuliers.¹⁷⁰ Michel Morange prend position en faisant valoir le rôle fondamental de ces sites régulateurs pour ces enzymes régulateurs : « Le pouvoir catalytique des enzymes s'explique en partie par leur aptitude à fixer spécifiquement les molécules dont ils catalysent la transformation chimique, leurs substrats. Le substrat interagit avec ce que l'on appelle le site actif de l'enzyme, comme une clé avec une serrure. Dans les années 60, une nouvelle caractéristique fonctionnelle de ces enzymes venait d'être découverte : leur aptitude à être régulés par des petites molécules à la structure très différente de celle de leurs substrats. Cela était possible parce que ces enzymes dits « régulateurs » possédaient à leur surface, en plus du site de fixation de leur substrat, un ou des sites régulateurs. Ces enzymes régulateurs jouent un rôle central dans la coordination des différentes réactions chimiques du métabolisme et, plus généralement, contribuent à faire de l'ensemble des constituants moléculaires d'un être vivant un système. Leur existence représente le second secret de la vie, le premier étant la double hélice d'ADN. »¹⁷¹

Michel Morange explicite très bien dès lors en quoi réside la différence entre ces deux modèles : « Expliquer les propriétés régulatrices de ces enzymes était devenu essentiel. Deux modèles très différents ont été conçus. Le premier, celui de Daniel Koshland, proposait que la molécule régulatrice, en se fixant à son site, déformât l'enzyme, ce qui modifiait le site actif et augmentait ou diminuait le pouvoir catalytique de l'enzyme sur son substrat. Le second modèle, celui de la « transition concertée » proposée par Monod, Wyman et Changeux, expliquait cette propriété des enzymes régulateurs, dits « allostériques » par leur capacité à adopter deux formes différentes, l'une active et l'autre inactive. Les deux formes ne se distinguent pas par l'enchaînement de leurs acides aminés, mais par la manière dont ces longues chaînes se replient. Les molécules régulatrices, activateur ou inhibiteur, se fixent préférentiellement à l'une ou l'autre de ces formes enzymatiques et déplacent ainsi l'équilibre

¹⁶⁹ H. Buc, in Lwoff et Ullmann, (1980), p. 223.

¹⁷⁰ D. Koshland, G. Nemethy and D. Filmer, *Biochemistry*, 5, 1966, p. 365.

¹⁷¹ M. Morange, (2012), p. 23.

entre ces deux conformations. »¹⁷² Se trouve finalement résumé ainsi brièvement en quoi consiste leur différence : « Pour Koshland, cette régulation est assurée par un ajustement induit ; pour Monod par un déplacement d'équilibre. »¹⁷³

Michel Morange explique, de plus, la motivation de la mise au point du modèle de Monod par son respect pour les lois de symétrie en physique : « Un des postulats du modèle de Monod était que les protéines allostériques possédaient des éléments de symétrie - la structure générale de l'enzyme était conservée si on lui faisait subir un certain nombre de transformations, comme des rotations - et que ceux-ci étaient conservés au cours du changement de conformation. Les phénomènes de régulation enzymatique trouvaient une explication dans l'existence d'un principe fondamental de symétrie. » Il s'agit du fameux principe de Curie, mentionné par Monod¹⁷⁴, selon lequel la symétrie d'un effet reflète la symétrie des causes, sur lequel les physiciens des particules bâtissaient leur modèle d'organisation de la matière. « Le pouvoir explicatif du modèle allostérique venait pour Monod, comme Michel Morange le souligne encore, de cette adhésion à des principes généraux d'organisation du monde. »¹⁷⁵

L'autre point de débat concernant l'allostérie est lié à la remise en cause du concept de gratuité, au vu de toutes les contraintes chimiques auxquelles la cellule doit faire face et qui explique en partie son système de régulation : ce débat se fait actuellement autour de la fonction des enzymes catalysant toutes les réactions. Andras Paldi se demande comment il se fait que ces enzymes catalysent là où il faut, quand il faut. Une partie de la réponse viendrait des séquences cis-régulatrices présentes dans les espaces non-codants du génome, d'autres éléments de réponse sont la régulation des gènes codants et les modifications épigénétiques de l'ADN.¹⁷⁶ On sait que chez tous les vivants, des bactéries à l'homme en passant par les plantes et les animaux, ce sont toujours les mêmes étapes de réaction. On assiste toujours à la glycolyse : un sucre est dégradé en acétyl CoA qui lui-même se scinde en deux réactions soit pour former le CO₂ (ATP avec oxygène) soit pour former les voies synthétiques (biosynthèse en l'absence d'oxygène), pierre de construction de la cellule. La cellule fait l'un ou l'autre en fonction des contraintes chimiques. Ainsi la « gratuité » des relations en réseaux paraît très relativisée par l'ensemble de toutes les contraintes auxquelles elles obéissent en réalité.

¹⁷² M. Morange, (2012), p. 24.

¹⁷³ M. Morange, (2012), p. 26.

¹⁷⁴ M. Morange, (2012), p. 24.

¹⁷⁵ M. Morange, (2012), p. 24.

¹⁷⁶ *Pour La science* (2009) « L'évolution, rien ne l'arrête », pp.52-59, article de Carroll, Prud'homme et Gompel.

Au terme de cette étude se faisant l'écho de l'actualité de ces débats, et en dépit des problèmes que ceux-ci continuent de soulever, il convient avant tout de reconnaître que le modèle de l'allostérie de Monod fait preuve d'une immense ingéniosité : ce modèle a pour lui de respecter les lois physiques tels que le principe de symétrie et l'équilibre électrostatique ainsi que les lois de la chimie. Ce modèle agit comme un « levier » capable d'expliquer la façon dont le vivant peut « transcender » ces lois, tout en les observant. Par la notion de « **gratuité** » introduite par Monod sont mis en lumière tout à la fois l'indépendance du signal et sa liberté d'action. On pourrait soutenir, de ce fait, que Monod pourrait bien s'inspirer de l'emploi du concept de gratuité au sens où Gide et Camus parlent de l'acte « gratuit ». Si l'on veut bien consentir à une certaine analogie avec la gratuité décrite par Monod, on pourrait faire observer que la liberté d'action de la protéine allostérique va de pair ici, en effet, avec le caractère totalement arbitraire de sa position spatiale. En cela, Monod évite le risque de concevoir le vivant muni d'une rigidité telle que tout encastrement serait totalement déterminé. Ceci, effectivement, dans un contexte où la stéréospécificité risquait de faire ressembler l'organisation du vivant plus à un jeu de lego qu'à un processus constant de transformation dynamique. Par sa fonction médiatrice, le signal est bien un pont, une passerelle, qui introduit toute la labilité, la flexibilité, la plasticité, propre au vivant.

De plus, la science des neuromédiateurs semble largement confirmer l'intérêt majeur de cette théorie de l'allostérie, dont Changeux défend, dans le champ des neurosciences, la très grande fécondité. Comment penser philosophiquement la nature de ce signal ? Pourrait-on le voir comme une cause finale, présente « en vue d » opérer des relations entre corps dépourvus d'affinité, de préserver l'homéostasie de la cellule, de dégager une énergie à fort potentiel ? Tout ce que la science, régie par le postulat d'objectivité, peut en dire, c'est que ce signal garde l'homéostasie du système, dégage une énergie considérable et met en relation des corps dépourvus d'affinité. À strictement parler, une analyse scientifique cohérente avec ce principe d'objectivité, se doit en effet d'exclure non seulement toute finalité externe, mais également, pour être cohérent jusqu'au bout, toute finalité interne ; elle peut y observer cependant des fonctionnalités.

Cela n'occulte pas le fait qu'une question d'ordre métaphysique puisse se poser, concernant la raison de la mise en ordre de toutes ces données, dont l'agencement si extraordinaire, comme le disait déjà le Philon de Hume,¹⁷⁷ provoque l'étonnement et l'admiration. Si Philon se moque de toutes les propositions faites par l'intelligence humaine pour imaginer ce qu'est Dieu, il convient que l'organisation des êtres dans la nature est telle qu'il est impossible de la

¹⁷⁷ Hume, *Dialogues sur la religion naturelle*, XII è partie, p. 208.

penser comme le résultat du seul hasard et que la référence à un Dieu comme source de cet ordre est nécessaire.

Pour ma part, en guise de bilan comparatif entre ces deux prodigieuses découvertes que constituent l'opéron et l'allostérie, je dirai que si l'allostérie est une donnée remarquable et dont la découverte a des implications majeures dont on découvre encore en 2017 de nouvelles ressources, l'opéron offre cependant, quant à lui, un véritable changement de "paradigme", et opère ainsi au sens où Kuhn définit cette expression, une véritable "révolution scientifique".¹⁷⁸ En effet, avec le modèle de l'allostérie, nous restons dans le domaine et la perspective de l'adaptation, adaptation d'un enzyme déployant une activité décuplée, certes, mais toujours sous l'effet d'un substrat. Le phénomène d'induction que permet la structure de l'opéron, quant à lui, est un modèle qui montre comment se trouve "induite", c'est-à-dire produite *de novo*, à nouveaux frais, et sans contact direct avec une protéine enzymatique, une nouvelle enzyme. Cette nouvelle expression de protéines se fait en raison d'un montage réglé qui existe sur une partie du chromosome : ce qui fait que se trouve manifestée, dès lors que le chromosome lui-même recèle en lui la façon d'exprimer cette enzyme, une possibilité de nouvelle synthèse enzymatique ; "à l'occasion", certes, de la présence d'un galactoside venant rencontrer et détacher le répresseur, qui permet dès lors à la partie en amont, où se situe le promoteur, de lancer l'expression, étant donné que cette partie n'est plus réprimée et ne rencontre plus de barrage qui lui interdit d'agir. Le galactoside apparaît certes donc bien comme une condition mais n'est en rien la cause directe de la nouvelle synthèse qui réside entièrement dans cette structure de l'opéron. En ce sens, par conséquent, à l'issue de ces analyses sur ces deux découvertes, que nous avons fait parcourir à notre lecteur, j'aimerais conclure par un arbitrage sur certaines positions que nous avons présentées dans le débat. Tout d'abord, il convient de faire remarquer que finalement la présentation qu'André Lwoff fait de l'opéron comme un cas particulier de l'allostérie est, en ce sens, dommageable, car l'induction n'est pas un cas particulier d'adaptation. Ensuite, il faut également souligner que l'objection de Ruyer ne porte que sur le fait du détachement du répresseur dont il minimise, certes, non sans raison, la portée, mais que se trouve passé sous silence, dans cette argumentation, le rôle pourtant prépondérant du promoteur situé en amont, prêt à l'action, avant tout changement, donnant lieu, le cas échéant, à la levée de l'inhibition du répresseur. Certes, le galactoside vient rencontrer le répresseur de façon allostérique, mais ce phénomène n'est qu'une condition de la bonne marche du processus et n'en est pas la cause : la cause en est dans cette fonctionnalité

¹⁷⁸ T. S Kuhn (1983), p. 134.

mise au point sur une partie du chromosome, antérieurement à toute rencontre avec le milieu. Nous voyons ici combien la distinction philosophique entre cause et condition déjà opérée, dans un contexte très différent, par Platon dans le *Phédon* revêt une importance cruciale pour interpréter les faits, y compris les faits biologiques. Platon y montrait déjà tout l'intérêt à discerner « la cause véritable et ce sans quoi la cause ne saurait être cause. »¹⁷⁹

C'est donc, comme nous venons de le voir, à partir de ces découvertes de l'opéron et de l'allostérie, nouveaux modèles de la détermination génétique, que s'est opéré le démarrage de cette nouvelle science - avec ses lacunes et ses questionnements - qui révolutionne encore de nos jours l'ensemble de la recherche scientifique, à savoir la biochimie moléculaire. De plus, Monod élargit son exposé aux grandes découvertes de la théorie synthétique de l'évolution, qui constitue, à ses yeux, un acquis sur lequel on ne reviendra pas. Il expose le mécanisme du code génétique avec sa double étape de transcription et de traduction, qui, effectivement est considéré comme un acquis de la science biologique que de multiples éclaircissements actuels confirment. Monod va intégrer ce mécanisme dans une vision plus large déjà envisagée avant lui dans cette seconde moitié du XXe siècle, pour penser l'évolution comme apparition de nouvelles espèces survenues à partir de mutations aléatoires perturbant l'invariance au niveau microscopique, et vouées à l'existence en raison de la sélection naturelle agissant au niveau macroscopique édifié, quant à lui, selon les performances téléonomiques. À partir de cette invariance et de cette téléonomie, avec Monod, la science toute jeune de la génétique va mettre en lumière deux principes qui coexistent au sein du vivant à savoir l'invariance par réplication de l'ADN et la téléonomie par la traduction en protéines. Dans ce qui va suivre, nous allons mettre en lumière tout d'abord ce mécanisme du code génétique à l'origine de l'invariance et de la téléonomie. Puis, nous nous attacherons à tenir ensemble les trois processus fondamentaux de l'évolution selon Monod, se faisant en cela l'écho de la nouvelle théorie synthétique de l'évolution, à savoir l'invariance dans la réplication, les mutations aléatoires et la sélection naturelle. Processus en marche depuis la nuit des temps puisque Monod les envisage à l'œuvre dès « la soupe primitive », remontant à plus de 4 milliards d'années. Dès l'instant où le mécanisme de formation de macromolécules entrainait en jeu, « les trois processus fondamentaux de l'évolution, réplication, mutation, sélection, avaient commencé d'opérer et devaient donner un avantage considérable aux macromolécules les plus aptes, par leur structure séquentielle, à se répliquer spontanément. »¹⁸⁰

¹⁷⁹ Platon, *Phédon*, (1965), 98d-99d, p. 157.

¹⁸⁰ J. Monod, (1970), p. 181.

2) « La quintessence du code » : le mécanisme du code génétique, à l'origine de l'invariance et de la téléonomie.

Nous abordons à présent cette deuxième découverte capitale sur laquelle Monod fonde sa philosophie naturelle : il s'agit de celle du code génétique. Monod va principalement découvrir avec François Jacob, en 1960, l'ARN qui constitue une copie très fugitive, mais essentielle de l'ADN, car celle-ci lui permet de passer du noyau dans le cytoplasme de la cellule, permettant *in fine* l'expression des protéines, c'est-à-dire leur production.¹⁸¹

Il convient dès à présent, puisque nous ouvrons cet exposé sur cette notion de « code » génétique, de souligner l'influence d'Erwin Schrödinger, en matière de vocabulaire, qui introduit l'interprétation de ces phénomènes moléculaires en termes d'information. En effet, cette notion associée à celle d'instruction, en particulier, qu'utilisent Monod et Jacob, remontent, pour une large part, à l'emploi qu'en a fait ce physicien. Et ce lexique, dans son ensemble, emprunte la majeure partie de ses concepts à la théorie de l'information de Shannon.

Deux classes principales de macromolécules sont distinguées et jouent des rôles qui leur sont spécifiques.

Monod voit dans l'ADN, à savoir une première classe de macromolécule, la structure fondamentale qui permet l'invariance. « L'invariant biologique fondamental, dit-il, est l'ADN. »¹⁸² L'invariance provient de la réplication à l'identique de l'ADN. La propriété de l'invariance est caractéristique des êtres vivants et Monod la justifie par des considérations chimiques. En effet, celle-ci est attachée exclusivement à la classe des acides nucléiques, nommés tels car résidant dans le « noyau » de la cellule, constitutifs de l'ADN.¹⁸³ Monod explicite l'invariance reproductive des êtres vivants comme « pouvoir de reproduire et transmettre *ne varietur* l'information correspondant à leur propre structure. »¹⁸⁴ Il souligne, à la suite de cette définition, que c'est cette propriété fondamentale qui « permet de distinguer les êtres vivants de tous les autres objets ». ¹⁸⁵ Il ajoute un peu plus loin : « Nous dirons que le « contenu d'invariance » d'une espèce donnée est égal à la quantité d'information qui, transmise d'une génération à la suivante, assure la conservation de la norme structurale spécifique. »¹⁸⁶

¹⁸¹ F. Jacob et J. Monod (1961), « *Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins* », *J. Mol. Biol.*, 3, 318-356.

¹⁸² J. Monod, (1970), p. 138.

¹⁸³ J. Monod, (1970), p. 33.

¹⁸⁴ J. Monod, (1970), p. 28.

¹⁸⁵ J. Monod, (1970), p. 29.

¹⁸⁶ J. Monod, (1970), p. 29.

L'autre classe de macromolécules, celles des protéines, est responsable d'une autre propriété des êtres vivants que Monod nomme, à la suite de Pittendrigh, « téléonomie ». En effet, c'est en 1958 que ce néologisme est introduit pour la première fois par Colin Pittendrigh dans un article s'intitulant « *Adaptation, natural selection and Behavior* » paru dans le livre *Behavior and Evolution*, pour définir une sorte de loi de la finalité, qui ôterait à la finalité toute intentionalité.¹⁸⁷ Comme Monod l'explique à ses auditeurs dans son premier cours au Collège de France, « on pourrait parler de téléologie, mais comme vous le savez, les biologistes, pour ne pas employer ce mot terrible qui ramène à Aristote, ont inventé le mot de « téléonomie » qui signifie, si vous voulez : objet dont la structure est adaptée à une fonction, sans qu'il soit fait d'hypothèse sur l'origine de cette adaptation. »¹⁸⁸ Ce sont les protéines, expose Monod, qui sont « responsables de presque toutes les structures et performances téléonomiques. » Dans la *Leçon inaugurale* de 1967, Monod précisait déjà : « La téléonomie, c'est le mot qu'on peut employer si, par pudeur objective, on préfère éviter "finalité" ». Remarquons que si pudeur « objective » il y a, c'est bien en raison du « principe d'objectivité » posé par la méthode scientifique définie au chapitre 1 de *HN*, sur lequel nous reviendrons. Et dans ce cadre, Monod précisait : « Tout se passe comme si les êtres vivants étaient structurés, organisés, et conditionnés en vue d'une fin : la survie de l'individu, mais surtout celle de l'espèce. »¹⁸⁹

Un nouvel accent est mis sur ce projet de l'invariance, comme étant le projet fondamental du vivant, et le but unique de la sexualité, y compris chez l'homme : la quête amoureuse n'a comme unique projet, et ne requiert pour seule explication, que l'invariance de l'ADN. Au chapitre 1 de *HN*, Monod nous invite à imaginer « un poète amoureux et timide qui n'ose avouer son amour à la femme qu'il aime et ne sait exprimer son désir que symboliquement, dans les poèmes qu'il lui dédie. Supposons que la dame enfin séduite par ces hommages raffinés consente à faire l'amour avec le poète. Ses poèmes auront contribué au succès du projet essentiel et l'information qu'ils contenaient doit donc être comptabilisée dans la somme des performances téléonomiques assurant la transmission de l'invariance génétique. »¹⁹⁰

On retrouve exactement ce même accent chez François Jacob. En effet, la logique du vivant n'est pas à énoncer selon l'expérience vécue de la phénoménologie. Elle est totalement hors du champ de ce que François Jacob nomme « les frémissements individuels superficiels ». La sexualité est purement et simplement invention de l'évolution, en vue de l'invariance de l'espèce. Ici, il est sans doute possible de rapprocher cette conception de la vie de celle de

¹⁸⁷ C.S. Pittendrigh, (1958), p. 394.

¹⁸⁸ J. Monod, (Cours 1969-1970) p. 20.

¹⁸⁹ J. Monod (1967), *LI* §11, p. 5.

¹⁹⁰ J. Monod, (1970), p. 32.

Schopenhauer. Dans *le Monde comme Volonté et comme représentation*, la volonté y est présentée comme une pulsion ou force originelle qui contraint les individus à se reproduire ; l'amour n'est que le nom donné à cette pulsion aveugle.

Ainsi, le but de l'ADN et du programme contenu dans l'ADN est de reproduire exactement, de multiplier *ne varietur* la structure de cet ADN lui-même. Nous voyons dès lors combien cette notion d'invariance apparaît immédiatement liée à celle de téléonomie. En effet, Monod définit cette propriété comme « projet essentiel consistant dans la transmission du contenu d'invariance caractéristique de l'espèce. »¹⁹¹ La téléonomie serait une sorte de « conatus » qui serait, au sens spinoziste, « effort de persévérer dans son être »¹⁹² mais ici en se perpétuant et en transmettant le contenu d'invariance spécifique de l'espèce. Monod envisage le « niveau téléonomique » d'une espèce donnée comme « la quantité d'information qui doit être transférée, en moyenne, par individu, pour assurer la transmission à la génération suivante du contenu spécifique d'invariance reproductive. »¹⁹³ Ainsi, la reproduction invariante est le projet téléonomique fondamental. « Tout projet particulier quel qu'il soit n'a de sens que comme partie d'un projet plus général. Toutes les adaptations fonctionnelles des êtres vivants comme aussi tous les artefacts façonnés par eux, accomplissent des projets particuliers qu'il est possible de considérer comme des aspects ou des fragments d'un projet définitif unique, qui est la conservation et la multiplication de l'espèce. »¹⁹⁴ Cette téléonomie s'exprime, grâce à la transcription et à la traduction du code, au niveau des protéines. C'est pourquoi, dans un premier temps, nous allons examiner l'invariance sous l'angle de son explication par le mécanisme de la réplication, puis, nous envisagerons la téléonomie qui s'exerce au niveau des protéines, dont la formation s'explique à la lumière du mécanisme de la traduction, *via* la transcription en ARN messager.

a) L'invariance par réplication

¹⁹¹ J. Monod, (1970), p. 30.

¹⁹² Spinoza, (1977), *Éthique*, IIIème partie, « De l'origine et de la nature des affections », propositions VI, VII, p.261 et IVème partie, « De la servitude de l'homme », prop. XXV, p.51.

¹⁹³ J. Monod, (1970), p. 31.

¹⁹⁴ J. Monod, (1970), p. 30.

Monod expose le processus de la conservation et de la multiplication invariante des structures de l'organisme en particulier, et de l'espèce en général. La notion d'invariant génétique qu'utilise Monod est issue des lois de Mendel. Quand les biologistes entreprirent de localiser l'élément permanent postulé par Weismann et mis en évidence par Mendel, Walter Sutton suggéra en 1903 qu'il se trouvait dans le chromosome ; comme Mendel avait prouvé son caractère particulier, on se mit à parler « d'unité caractérielle », d'« unité génique », puis à partir de 1909, de « gène ». La génétique se fonde ainsi comme une science du permanent avec un objet propre : les déterminants invariables portés par les chromosomes. Ce que Mendel est parvenu à établir à propos des petits pois ridés et des petits pois lisses, ce n'est pas la mutation, c'est-à-dire la transformation d'un gène en un autre, mais la loi de la répartition de ces gènes : il les montre alors comme des entités permanentes. En effet, Mendel a sélectionné 7 caractères que nous savons maintenant correspondre à 7 paires de chromosomes du noyau des cellules.

Le processus de multiplication invariante s'explique avant tout par le mécanisme de « réplication ». Celui-ci se trouve éclairé tout d'abord par la découverte de la structure hélicoïdale de l'ADN, découverte par James Watson et Francis Crick en 1953. En effet, la structure de la double hélice permet de se répliquer facilement. L'ADN est constitué de deux fibres polynucléotidiques associées, capables de se dissocier. Le principe de l'invariance répllicative ou de la réplication réside intégralement dans la séparation de ces deux fibres d'ADN, suivie par leur reconstitution à l'identique ; ainsi, chacune des deux fibres en refait deux, qui s'entourent à leur tour, comme cela se trouve très clairement expliqué et illustré par la figure 6 dans les *Appendices* de *HN* au point 2. Acides nucléiques.¹⁹⁵ Écoutons Monod : « La réplication d'une molécule procède par séparation des deux fibres, suivie par la reconstitution nucléotide par nucléotide des deux complémentaires. Les deux molécules ainsi synthétisées contiennent chacune l'une des fibres de la molécule mère et une fibre néoformée par appariement spécifique, nucléotide par nucléotide. Ces deux molécules sont identiques entre elles ainsi qu'avec la molécule mère. Tel est le mécanisme, très simple dans son principe, de l'invariance répllicative. »¹⁹⁶ Les bases sont à l'intérieur de l'hélice, les phosphates à l'extérieur. Le caractère de la structure est tel que les deux chaînes sont jointes par les bases puriques et pyrimidiques. L'une doit être une purine : adénine et guanine représentées par les lettres A et G, l'autre une pyrimidine : cytosine et thymine représentées par les lettres C et T. Les bases correspondantes de chaque échelon sont jointes par des liaisons hydrogène. Dans l'article paru dans la revue *Nature* de 1953, James Watson et Francis

¹⁹⁵ J. Monod, (1970), p. 234.

¹⁹⁶ J. Monod, (1970), *Appendices* p. 235.

Crick précisait déjà que l'« épine dorsale » des chaînes est constituée d'une alternance d'un sucre à 5 carbones et d'un phosphate, les bases étant fixées aux molécules de sucre. Le nucléotide est alors cet ensemble composé base-sucre-phosphate. La position des nucléotides paraît indéterminée, en tout cas, sans régularité, dans le sens longitudinal. En revanche, dans le sens transversal, la thymine est toujours en face de l'adénine et la guanine toujours en face de la cytosine : c'est-à-dire qu'il y a là un parfait déterminisme.

Ainsi, avec la découverte de la structure hélicoïdale formée de deux brins, on comprend que l'invariance de l'espèce se trouve dans la reproduction, à chaque génération cellulaire, du texte écrit sous forme de séquences de nucléotides dans l'ADN.¹⁹⁷

Voici plus particulièrement, maintenant, dans ce qui suit, ce qui constituent proprement les apports de Monod quant à cette notion, apports qui apparaissent essentiellement dans les chapitres 1 et 6 de *HN*. Puis, Monod fait état à son sujet tout d'abord d'un paradoxe puis d'un problème que cette notion même suscite. A ce propos, pour ressaisir le contexte, le lecteur peut se référer à l'analyse structurale mise en annexe du chapitre 1, aux points 1), et 2) ainsi qu'au chapitre 6 au point 2).

Un des premiers apports de Monod se trouve évoqué à la fin du 1) du chapitre 1, et concerne principalement le rapprochement opéré entre le phénomène de la réplication et celui de la cristallisation. Le paradoxe, quant à lui, qui fait problème, porte sur une apparente violation du principe de la thermodynamique opéré par l'être vivant ; il sera en fait, résolu, pour le dire brièvement, sans tout résoudre toutefois par cet argument, au motif que le respect de celui-ci ne se trouve pas démenti par la possibilité d'un accroissement local. Par ailleurs, un vrai problème surgit, qui consiste à se demander, s'il est vrai que l'invariance est bien une propriété fondamentale des vivants, quelle peut bien être alors la cause de leur diversité.

Voyons tout d'abord le premier point, à savoir en quoi consiste, aux yeux de Monod, tout l'enjeu pour cette nouvelle science de la génétique **d'apparenter le phénomène de la réplication à un phénomène de cristallisation.**

Rappelons qu'au chapitre 1, Monod suggérait au programmeur de se demander « si les forces internes qui confèrent leur structure macroscopique aux êtres vivants ne seraient pas de même nature que les interactions microscopiques responsables des morphologies cristallines. » Et Monod de poursuivre en tranchant ainsi la question, et en fournissant alors, une réponse de taille sur une très courte réplique : « Qu'il en est bien ainsi constitue l'un des principaux thèmes développés dans les chapitres suivants du présent essai. »¹⁹⁸

¹⁹⁷ J. Monod, (1970), Ch. 6 p. 137.

¹⁹⁸ J. Monod, (1970), Ch. 6 p. 137.

Au chapitre 6, situé dans le texte au 3^{ème} tiret du 2) portant sur l'invariant fondamental, à savoir l'ADN, Monod adopte, à son propos, la définition de Schrödinger qui voit en lui un « cristal aperiodique. »¹⁹⁹ Précisons qu'« aperiodique » ici vise le fait que la séquence des bases soit non répétitive. Certes, dans *HN*, Monod reprend ce terme sans toutefois se référer explicitement à cet auteur. Cependant il s'y référerait explicitement dans la *Leçon inaugurale*. Monod y expliquait que « dans ce processus de réplication, l'ADN intervient directement comme matrice ; chacune de ses deux fibres dirige l'assemblage séquentiel des radicaux constituant l'alphabet du langage chimique, imprimant ainsi une copie nouvelle, exacte à la lettre, du programme. Encore que l'ADN ne soit pas, à strictement parler un cristal, son mécanisme de réplication est étroitement comparable au phénomène depuis longtemps cité comme exemple d'émergence dans le monde physique : la cristallisation. » C'est dans ce qui suit que Schrödinger est nommément cité : « Cette ancienne comparaison, qui fut souvent moquée pour sa prétendue naïveté, apparaît aujourd'hui pleinement justifiée : le support moléculaire de l'émergence chez les êtres vivants est, comme l'avait prévu Schrödinger, un « cristal aperiodique », utilisé comme modèle pour la reproduction *ne varietur* de sa propre structure. »²⁰⁰ En effet, dans *Qu'est-ce que la vie*, on peut se reporter au paragraphe où Schrödinger émet cette hypothèse après avoir envisagé le cas de « molécules organiques, de plus en plus compliquées, où chaque atome, chaque groupe d'atomes, joue un rôle individuel qui n'est pas complètement équivalent à celui de beaucoup d'autres, comme lorsqu'il s'agit d'une structure périodique. » C'est alors que cette expression apparaît : « Nous pourrions - dans un pareil cas - parler avec à-propos, poursuit-il en effet, d'un cristal ou solide aperiodique et exprimer notre hypothèse en disant : nous croyons qu'un gène - ou peut-être l'ensemble de la fibre chromosomique - est un solide aperiodique. »²⁰¹ Dans *HN*, Monod renforce encore le point de vue de l'analyse de la *LI* : « La formation de cette structure est étroitement comparable à celle d'un cristal. Chaque élément de séquence dans l'une des deux fibres joue le rôle d'un germe cristallin, qui choisit et oriente les molécules qui viennent spontanément s'y associer, assurant la croissance du cristal. Deux fibres complémentaires, artificiellement dissociées, reforment spontanément le complexe spécifique, chacune choisissant, presque sans erreurs, sa partenaire parmi des milliers ou millions d'autres séquences. »²⁰²

Monod insiste en effet sur le fait que le principe fondamental de stéréospécificité, que nous avons vu à l'œuvre à propos des propriétés discriminatives des protéines, joue aussi un rôle de premier plan au niveau des deux fibres associées dans la molécule d'ADN. « Le

¹⁹⁹ J. Monod, (1970), p. 141.

²⁰⁰ J. Monod, *LI* (1967), p. 8.

²⁰¹ E. Schrödinger, (1986), [1944], p. 114.

²⁰² J. Monod, (1970), p. 141.

premier point qu'il importe de mettre en lumière, c'est que le « secret » de la réplication *ne varietur* de l'ADN réside dans la complémentarité stéréochimique du complexe non-covalent que constituent les deux fibres associées dans la molécule. »²⁰³ La structure stérique est liée au fait que « chacun des quatre radicaux n'est appariable qu'avec un seul des trois autres »²⁰⁴ : A avec T, T avec A, C avec G, G avec C. Leur relation selon une relation non-covalente, et donc faible, dite liaison hydrogène, est notée en pointillé sur la figure 6 de l'appendice 2, tel que A...T, T...A, C...G, G...C, est la condition de possibilité de leur séparation qu'elle facilite. Se trouve indiquée, en revanche, la formation de liaisons covalentes, et donc fortes, dans le cas de l'association des nucléotides entre eux, à savoir entre base-sucré-phosphore. La réaction de condensation est catalysée par l'enzyme ADN-polymérase, qui, s'il ne spécifie en rien la séquence, contribue du moins « à la précision de la copie complémentaire, c'est-à-dire à la fidélité du transfert d'information. »²⁰⁵

Monod n'hésite pas à donner une réponse de type scientifique sur le **paradoxe de l'invariance qui se maintient en dépit de la loi d'entropie de la thermodynamique**, au chapitre 1 de *HN*. Tout comme André Lwoff dans *L'ordre biologique*, il pense le vivant comme machine à remonter la pente de l'entropie, phénomène que tous deux nomment « néguentropie ». ²⁰⁶

Ce paradoxe se trouve effectivement résolu, aux yeux de Monod, en apportant la preuve que l'invariance est bien compatible avec le second principe de la thermodynamique ; il fait valoir qu'en fait ce principe n'est valable que sous certaines réserves, à savoir uniquement si l'on considère l'évolution d'ensemble d'un système énergétiquement isolé. En effet, au chapitre 1, Monod émet bien une objection au maintien de l'invariance, en s'appuyant sur la loi du deuxième principe de la thermodynamique qui impose que, sans nouvelle information, l'ordre se dégrade. Dans ce chapitre 1, « D'étranges objets », Monod dit en effet : « L'invariance paraît en effet, dès l'abord, constituer une propriété profondément paradoxale, puisque le maintien, la reproduction, la multiplication de structures hautement ordonnées paraissent incompatibles avec le deuxième principe de la thermodynamique. Ce principe impose en effet que tout système macroscopique ne puisse évoluer que dans le sens de la dégradation de l'ordre qui le caractérise. »²⁰⁷ Cependant Monod répond à cette objection en faisant valoir que ce principe ne s'applique que sous certaines conditions et qu'autrement, il devient caduc. C'est en ce sens qu'il poursuit : « Cependant cette prédiction du deuxième principe n'est

²⁰³ J. Monod, (1970), p. 140.

²⁰⁴ J. Monod, (1970), p. 140.

²⁰⁵ J. Monod, (1970), p. 142.

²⁰⁶ A. Lwoff, (1970), p. 171.

²⁰⁷ J. Monod, (1970), bas de la p. 34.

valable et vérifiable que si l'on considère l'évolution d'ensemble d'un système énergétiquement isolé. »²⁰⁸ De plus, Monod estime en fait que, même au sein d'un système isolé, un accroissement local d'ordre ne contredit pas un accroissement général d'entropie. Monod affirme même très clairement en ce sens qu' « un accroissement local d'ordre, au sein d'un système isolé, est compatible avec le second principe ». ²⁰⁹ Il se sert à nouveau de l'analogie avec le cristal pour se faire comprendre.

« Le meilleur exemple, poursuit-il, en est donné par la cristallisation d'une solution saturée. La thermodynamique d'un tel système est bien comprise. L'accroissement local d'ordre que représente l'assemblage de molécules initialement désordonnées en un réseau cristallin parfaitement défini est « payé » par un transfert d'énergie thermique de la phase cristalline à la solution : l'entropie (le désordre) du système dans son ensemble augmente de la quantité prescrite par le deuxième principe. »²¹⁰ De même, le degré d'ordre d'un organisme est compatible avec le deuxième principe. La multiplication des cellules ne viole pas les lois de la thermodynamique. Il cite alors une expérience avec la mise d'une bactérie dans un milieu favorable et montre que, comme dans le cas de la cristallisation, le système bactérie-milieu compense l'entropie et que la dette thermodynamique se trouve par conséquent « réglée ».

Dans ce cadre, les erreurs de réplication ne sont cependant pas exclues : « Le mécanisme de la réplication lui non plus ne saurait, sans violer les lois de la physique, échapper à toute perturbation, à tout accident. Quelques-unes au moins de ces perturbations entraîneront des modifications plus ou moins discrètes de certains éléments de séquence. Erreurs de transcription qui, en vertu de la fidélité aveugle du mécanisme, seront, à d'autres perturbations près, automatiquement retranscrites. »²¹¹ Les erreurs de réplication qui ont lieu à travers le temps dans le passage d'un individu à l'autre, sont beaucoup plus graves que les erreurs de transcription, car les premières créent un original erroné, tandis que les secondes n'affectent que quelques-unes des copies transcrites à partir d'un original chromosomique juste. Cette constatation est émise par Jacob et Monod dès 1961 dans l'article s'intitulant « *On the regulation of gene activity*. »²¹² On trouve, en effet, en conclusion de cette étude, l'affirmation selon laquelle « *the only errors of copy which have a persistent effect are those which occur in the replication of the genetic material itself*. »²¹³ Ce qui revient à dire que les premières erreurs entraînent la synthèse de protéines qui sont toutes anormales tandis que les secondes ne

²⁰⁸ J. Monod, (1970), p. 35.

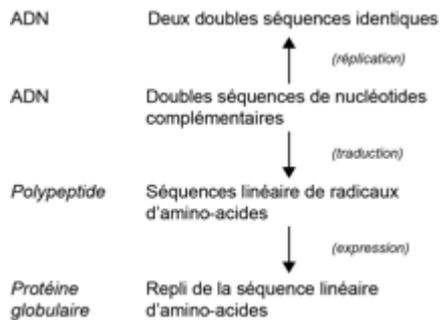
²⁰⁹ J. Monod, (1970), p. 36.

²¹⁰ J. Monod, (1970), p. 36.

²¹¹ J. Monod, (1970), p. 146.

²¹² Jacob et Monod, (1961) *On the regulation of gene activity*, (1961) pp. 193-207.

²¹³ Jacob et Monod, (1961) *On the regulation of gene activity*, (1961) p. 207.



constituent que les dysfonctionnements ponctuels d'une chaîne de production normale du même objet en plusieurs exemplaires.

Pour toutes ces raisons, Monod décrit la structure répliquative de l'ADN en la nommant, de façon forte et imagée, « ce conservatoire du hasard, sourd autant au bruit

qu'à la musique ». ²¹⁴ Mais il convient de se demander s'il s'agit là d'une position strictement scientifique ou d'une position métaphysique, qui ne peut pas découler intégralement des résultats scientifiques en tant que tels, problème que nous soulèverons lors de la discussion sur le hasard en deuxième partie de cette thèse.

b) Le mécanisme de la traduction

Monod met en évidence de façon très rigoureuse les étapes de la réplication des deux brins d'ADN, celle de la transcription de l'ADN en ARN, puis de la traduction de l'ARN en protéine. ²¹⁵ Dans le schéma suivant, donné par Monod, ²¹⁶ sont indiquées ici les étapes de la réplication de la traduction en polypeptide, puis de l'expression de la protéine linéaire qui se remplit en 3D. Manque dans ce schéma l'étape de la transcription de l'ADN en ARN.

Commentons à présent la synthèse que nous avons effectuée du chapitre 6. Comment s'opère, à partir des acides nucléiques, désoxyribonucléiques pour l'ADN et ribonucléiques pour l'ARN, le passage à la protéine, qui, elle, est une macromolécule polypeptidique, c'est-à-dire, un enchaînement d'acides aminés reliés par une liaison peptidique ? Comment s'effectue la transformation de l'ADN du gène en protéines enzymatiques ? La découverte majeure qui répond à cette question, est la découverte réalisée par Monod et Jacob ²¹⁷, de l'ARN qui transcrit l'ADN. Il s'agit tout d'abord de l'ARN messager, dont l'identification fut proposée pour la première fois par Monod et Jacob en 1961 ²¹⁸. C'est l'ARN qui est identifié comme jouant un rôle majeur dans la synthèse protéique. Ces chercheurs voient clairement que la synthèse des protéines s'effectue à partir du gène et concluent, pour expliquer le phénomène de synthèse, à la présence de cet ARN qui reçoit cette appellation d'« ARN messager », en raison de son rôle de transmission. Cet ARN est identifié comme étant une molécule d'acide

²¹⁴ J. Monod, (1970), p. 152.

²¹⁵ J. Monod, (1970), p. 139 et Appendice p. 234.

²¹⁶ J. Monod, (1970), p. 139.

²¹⁷ F. Jacob et J. Monod, « *Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins* », *J. Mol. Biol.* 3, 1961, p. 318.

²¹⁸ F. Jacob et J. Monod, « *Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins* ». *J. Mol Biol.* 3, 1961, p. 318.

ribonucléique. Il comprend les mêmes bases que l'ADN, à l'exception d'une seule : l'uracile qui remplace la thymine tout en en restant très proche. Cette découverte a d'abord été l'objet d'une hypothèse déductive. La propriété de l'ARN messenger intermédiaire instable se déduit en effet de la cinétique de l'incorporation des analogues. Cet ARN apparaît comme un intermédiaire de courte durée - de l'ordre de quelques minutes - permettant la traduction des gènes en protéines. Voici le déroulement de l'opération du passage de l'ADN en protéines : une fois la transcription effectuée de l'ADN en ARN messenger, celui-ci se déplace du noyau vers le cytoplasme jusqu'au site du ribosome où a lieu le « décodage » du message. Pour les cellules eucaryotes, c'est-à-dire pourvues d'un noyau, à l'inverse des procaryotes comme les bactéries sur lesquelles s'effectuent les premières analyses, le gène se trouve en effet dans le noyau et les protéines dans le cytoplasme, si bien que le problème redouble. C'est pourquoi, un ARN d'un autre type sera envisagé. Ce dernier recevra le nom d'ARN de transfert car il lui revient d'associer le triplet de l'ARN messenger à l'acide aminé correspondant. Cet ARN de transfert est de poids plus faible et peut se combiner à un acide aminé par une de ses extrémités. En effet, c'est l'ARN de transfert qui apparaît faire le pont entre noyau et cytoplasme : c'est lui qui se place au bon endroit et qui apporte l'acide aminé correspondant au triplet annoncé dans l'ARN messenger, véhicule du message génétique entre les chromosomes du noyau et les **ribosomes** dans le cytoplasme, organites sur lesquels a lieu la synthèse des protéines. La découverte de ces derniers est en effet tout à fait déterminante, car ils apparaissent bien comme des « composants essentiels du mécanisme de traduction du code génétique, c'est-à-dire de la synthèse des protéines. »²¹⁹ Monod les décrit comme « des particules, dont le poids moléculaire atteint 10^6 , constitués par l'assemblage de quelque cinquante protéines distinctes ainsi que de trois types différents d'acides nucléiques. » Il reconnaît qu'au stade actuel de ses connaissances, « l'agencement exact de ces différents constituants au sein d'un ribosome n'est pas connu, » mais qu'« il est certain que l'organisation en est extrêmement précise et que l'activité fonctionnelle de la particule en dépend. »²²⁰ La dynamique de l'expression est la suivante : un gène qui est une séquence d'ADN, une suite de nucléotides notés par les lettres A, C, T, G, contient un message codé. Le code génétique établit une correspondance entre des séries de trois nucléotides et les acides aminés qui composent les protéines ; car chaque acide aminé est spécifié par trois nucléotides. L'expression d'un gène comporte plusieurs étapes qui aboutissent à la synthèse d'une protéine. Elle commence par l'activation d'une zone d'ADN située au début du gène : le promoteur. Puis, une enzyme (l'ARN polymérase II) se fixe sur le promoteur et se déplace le

²¹⁹ J. Monod, (1970), p. 115 ch. 4.

²²⁰ Pour les acquis récents sur le ribosome, consulter le *Pour la science*, « L'hérédité sans gènes » de 2014, p. 45.

long de l'un des brins de l'ADN, ce qui lui permet de transcrire la suite de nucléotides composant le gène en une séquence d'ARN ; celle-ci sort du noyau et transporte le message codé correspondant jusqu'aux ribosomes, structures qui traduisent le message en protéines. Sachant qu'il y a 4 bases représentant donc 4^3 soit 64 combinaisons possibles, et 20 acides aminés, il y a un nombre très diversifié de protéines. La spécificité de la substance de la protéine réside dans sa synthèse, autrement dit dans la disposition rigoureusement déterminée de la succession des acides aminés qui la composent, dans la dimension tridimensionnelle de ces chaînes d'acides aminés dans l'espace. Dans *les Appendices*, Monod expose, de façon la plus pédagogique possible pour un lecteur non averti, le rôle des ARN de transfert qui s'associent d'un côté, triplet par triplet, avec une liaison faible, avec l'ARN messager et d'un autre côté, avec l'acide aminé correspondant. « Cet appariement, précise Monod, a lieu en association avec un constituant complexe (le ribosome) qui joue le rôle d'« établi » pour l'assemblage des divers constituants du mécanisme. L'ARN messager est lu séquentiellement, un mécanisme encore mal compris permettant au ribosome de progresser, triplet par triplet, le long de la chaîne polynucléotidique. Quand un codon - écrit sous la forme d'un triplet formé de trois lettres, composées à partir des quatre nucléotides (A pour l'adénine, U pour l'uracile, puisque, nous l'avons vu, lors de la transcription en ARN, la thymine devient l'uracile, C pour la cytosine, et G pour la guanine, selon différentes combinaisons) - passe sur la « tête de lecture », il se trouve relié à l'acide aminé correspondant. C'est l'ARN de transfert, l'ARNt, qui peut à la fois reconnaître le triplet et l'acide aminé correspondant. Cet ARN est donc en quelque sorte bi-face. Quand un triplet parvient à la tête de lecture du ribosome, il s'associe avec l'ARNt qui porte aussi l'acide aminé correspondant. Puis celui-ci se détache de l'ARNt et la chaîne des acides aminés se constitue par assemblage de chaque acide aminé relié. Lorsque la chaîne complète est effectuée, elle se replie en protéine dans la configuration 3-D qui lui correspond.

AACCATATGGCTCCG
TTGGTATACCGAGGC

Transcription :
UUGGUAUACCGAGGC
AACCAUAUGGCUCCG
AAC CAU AUG GCU CCG

Traduction :
Leucyl Valyl Tyrosyl Arginyl Glycyl

Schéma transcription/traduction

Dans le schéma de *HN*²²¹, le ribosome est à la surface de la chaîne du milieu entre les lettres et l'acide aminé correspondant.²²² Chaque triplet à son tour s'apparie à la surface du ribosome avec l'ARN messager correspondant, porteur de l'acide aminé spécifié par ce triplet. »²²³ Cette association a lieu par une liaison faible. En effet, comme le signale Monod, « Dans la traduction, ce sont des interactions stéréospécifiques non-covalentes qui assurent le transfert d'information. »²²⁴ Puis l'acide aminé se trouve détaché de l'ARN de transfert et la chaîne d'acides aminés est ainsi assemblée, progressivement, élément par élément. Il y a alors des enzymes, au centre du ribosome, qui catalysent les liaisons entre les acides aminés, pour que la protéine forme un tout. Comme l'explique Monod, « un enzyme catalyse à chaque étape la formation d'une liaison peptidique entre l'acide aminé porté par l'ARN et l'acide aminé précédent, à l'extrémité de la chaîne polypeptidique déjà formée, qui s'allonge ainsi d'une unité. Après quoi le ribosome progresse d'un triplet et le processus recommence. »²²⁵ Lorsque la chaîne d'acides aminés est achevée, elle se replie automatiquement en protéine globulaire. Le ribosome apparaît donc comme une pièce maîtresse du mécanisme. Tout passe par son intermédiaire ; c'est en ce sens qu'il faut comprendre le fait signalé par Monod à savoir qu'« il n'existe aucune relation stérique entre le triplet codant et l'acide aminé codé. »²²⁶ Il s'agit bien d'un mécanisme et Monod insiste sur le fait que « la cellule est bien une *machine*. »²²⁷ En effet, Monod présente le ribosome comme « comparable à une machine-outil qui fait avancer cran par cran une pièce en train d'être façonnée, tout cela faisant penser irrésistiblement à une chaîne de production dans une usine de mécanique. »²²⁸ « L'aspect très mécanique et même « technologique » du processus de traduction mérite d'être souligné. »²²⁹ Ensuite, « il faut admettre que la séquence « au hasard » de chaque protéine est, en fait, reproduite, des milliers ou millions de fois, dans chaque organisme, chaque cellule, à chaque génération, par un mécanisme de haute-fidélité qui assure l'invariance des structures. »²³⁰

Les protéines synthétisées au contact des ribosomes ne portent donc pas en elles-mêmes la raison de leur ordre : elles la reçoivent uniquement du programme informatique qui leur est

²²¹ J. Monod, (1970), p. 241.

²²² J. Monod, (1970), p. 241.

²²³ J. Monod, (1970), p. 241.

²²⁴ J. Monod, (1970), p. 142.

²²⁵ J. Monod, (1970), p. 241.

²²⁶ J. Monod, (1970), p. 241.

²²⁷ J. Monod, (1970), p. 145.

²²⁸ J. Monod, (1970), p. 143.

²²⁹ J. Monod, (1970), p. 143.

²³⁰ J. Monod, (1970,) pp. 127-128.

transmis par ces « messagers exogènes ». Ainsi, on peut dire avec Hubert Saget que « l'ARN messager résout le problème du transfert topographique de l'information. »²³¹

Des erreurs peuvent survenir aussi à ce niveau du système de traduction, dues à des mutations, phénomène étudié plus en détail. Dans le chapitre suivant, traitant plus spécifiquement des mutations aléatoires.

Cette machinerie chimique est identique chez tous les êtres vivants. Il est connu que Monod se plaît à dire que « Ce qui est vrai pour *Escherichia coli* est vrai pour l'éléphant. » L'invariance de la machine chimique de tout être vivant est identique et fonctionne exactement de la même façon des êtres monocellulaires jusqu'à l'homme. Ce phénomène frappant est repris par Monod tout au long de sa vie de chercheur. Dès septembre 1953, Monod affirmait : « La démonstration d'une unité fondamentale du monde vivant est une grande conquête de la biologie : unité de composition, de fonctionnement (la cellule), de reproduction. »²³² Ce qu'il redit d'une autre manière dans *HN* : « On sait aujourd'hui que, de la bactérie à l'homme, la machinerie chimique est essentiellement la même, dans ses structures et dans son fonctionnement. »²³³ Monod parle de « monotonie de composition » à propos de la structure des protéines constitutives du vivant, composées de nombreux radicaux d'acides aminés appartenant à seulement 20 espèces chimiques différentes qui se rencontrent chez tous les êtres vivants des bactéries à l'homme. À ses yeux, « cette monotonie de composition constitue l'une des plus frappantes illustrations du fait que la prodigieuse diversité des structures *macroscopiques* des êtres vivants repose en fait sur une profonde et non moins remarquable unité de composition et de structure *microscopique*. »²³⁴ Ce qu'il redit plus loin, à propos de la cellule bactérienne, lorsqu'il se penche sur les frontières actuelles où la science est encore muette : « Le système vivant le plus simple que nous connaissons, la cellule bactérienne, petite machinerie d'une complexité comme d'une efficacité extrêmes, avait peut-être atteint son présent état de perfection il y a plus d'un milliard d'années. Le plan d'ensemble de la chimie de cette cellule est le même que celui de tous les autres vivants. Elle emploie le même code génétique et la même mécanique de traduction que les cellules humaines, par exemple. »²³⁵

²³¹ H. Saget, (1978), p. 29.

²³² J. Monod, (sept. 1953) « Notes inédites », fonds Monod, *Archives de l'Institut Pasteur*.

²³³ J. Monod, (1970) p. 136 au chapitre 6 « Invariance et perturbations »

²³⁴ J. Monod, (1970), chapitre 2, « Les démons de Maxwell », p. 70.

²³⁵ J. Monod, (1970), p. 181.

DISCUSSION sur la réplication et la traduction.

La mise en évidence du système de la réplication et la découverte par Monod du rôle de l'ARN messager dans le système de la traduction apporte un éclairage considérable sur l'ontogénèse du vivant. Nous discuterons toutefois de la légitimité du rapprochement du phénomène de la réplication avec celui de la cristallisation. Puis, nous insisterons sur le fait que le caractère de ces processus n'est pas aussi déterminé ni déterminant que celui envisagé par Monod avec, en particulier, la mise en valeur du rôle considérable de l'ADN non codant dont la découverte frappe d'étonnement, et qui constitue, pour les recherches actuelles, un centre d'intérêt de plus en plus remarquable.

De nombreux biologistes considèrent que voir en la réplication un phénomène apparenté à celui de la cristallisation, c'est voir, à tort, le vivant selon la grille du principe d'inertie, auquel par ailleurs Monod rattache la mise en œuvre du postulat d'objectivité. « On peut dater exactement la découverte de ce principe. La formulation, par Galilée et Descartes, du principe d'inertie, ne fondait pas seulement la mécanique, mais l'épistémologie de la science moderne, en abolissant la physique et la cosmologie d'Aristote. »²³⁶ En effet, la rupture entre l'inerte et l'inanimé paraît impliquer un saut qualitatif majeur, qui fait que quand « le brin d'herbe palpite aux fentes du pavé »²³⁷, comme s'en émerveille Victor Hugo, le pavé, lui, reste totalement minéral, inerte par opposition à cette vie végétale, animée de croissance, qui est manifestée en ce brin d'herbe : les deux règnes sont alors bien totalement distincts ; même si les éléments chimiques sont semblables, le brin d'herbe renouvelle constamment son stock de molécules, ce que ne fait absolument pas le minéral, qui se délite et s'érode progressivement ; le brin d'herbe se nourrit d'apports extérieurs qu'il transforme et assimile, le minéral lui s'agrège ou se désagrège, mais n'a pas de principe interne de cohésion qui fait que toutes les parties s'organisent en un tout régi par une régulation, que l'on peut, effectivement, appeler avec Monod, « cybernétique », régulation où toutes les cellules du fait ou non de leur contiguïté s'envoient des signaux, se rassemblent, s'adaptent ou se diversifient selon des rapports à la fois très déterminés et très souples, à vue de microscope. L'organisme, à la différence du minéral, apparaît comme un système ouvert,²³⁸ doté d'un équilibre instable ou « loin de l'équilibre » et s'y maintenant en dépit ou grâce à de nombreuses contraintes. Cet aspect est très bien pris en compte par Ilya Prigogine et Isabelle Stengers dans *La nouvelle alliance*.²³⁹

²³⁶ J. Monod, (1970), pp. 37-38.

²³⁷ Victor Hugo, (1972) *Contemplations*, « Éclaircie », v.15, p. 423.

²³⁸ I. Prigogine et I. Stengers, (1986), p. 222.

²³⁹ I. Prigogine et I. Stengers, (1986), p. 215 et p. 228.

Divers écrits se font l'écho de cette critique à propos de l'analogie avec le cristal que nous venons d'évoquer. La structure de l'être vivant est radicalement différente de celle d'un cristal en ce que le vivant connaît un métabolisme, il se nourrit par intussusception et non par apposition, comme le fait déjà remarquer Henri Rouvière dans *l'Énergie vitale* : « Il manque aux cristaux minéraux toutes les fonctions de nutrition. Tandis que l'être vivant se nourrit par intussusception, autrement dit avec des matériaux pris à l'extérieur, qui pénètrent dans ses propres tissus et s'incorporent à eux, après avoir été au préalable transformés en des substances semblables à celles qui composent ces mêmes tissus, sans pour cela augmenter nécessairement de volume, le cristal, au contraire « se nourrit », c'est-à-dire s'accroît, augmente de volume par apposition. »²⁴⁰ Il développe encore ce point de vue en ces termes, en réfutant par avance l'exemple pris par Monod : « Si on place dans une eau saturée un cristal de la substance en solution, celui-ci augmente de volume par juxtaposition ou apposition de particules cristallines à la surface du cristal. Or, dans ce phénomène, il n'y a ni transformation de substance, ni assimilation. Et si des particules cristallines se détachent du cristal, lorsque l'eau mère se désature, il ne se produit ni désassimilation, ni déchets, mais seulement une séparation d'avec le cristal de particules superficielles qui ne subissent aucune modification de composition. La nutrition est donc entièrement étrangère à la croissance des cristaux. Elle est une fonction propre aux êtres vivants. »²⁴¹ Dès 1949, Louis Bounoure écrit aussi en ce sens dans *L'autonomie de l'être vivant* : « Résultat d'une activité profonde et incessante, un tel état d'équilibre exclut et condamne toute comparaison entre les formes vivantes et certaines formes matérielles, telles que les cristaux : comparaison souvent tentée, mais sans aucune valeur pour les biologistes avertis. Il n'y a en effet qu'antithèse entre la structure hautement hétérogène et constamment renouvelée de l'organisme et la structure homogène et inerte du cristal... Le vivant est maître de sa propre spécificité, et il la maintient constante en dépit du renouvellement matériel dont il est le siège et des conditions changeantes d'alimentation que lui offre le milieu. »²⁴² Structure « inerte », le mot est lâché. Le principe d'inertie régit-il aussi les organismes ? N'y a-t-il pas un risque d'erreur de méthode à appliquer un principe à un objet qui, sans doute, ne relève peut-être précisément pas de ce principe ?

L'exemple des structures cristallines pour faire comprendre la création d'ordre et la déperdition d'énergie pris par Monod est loin des exemples toujours complexes en biologie car il s'agit d'un exemple de purs échanges d'énergie, régis par des lois physiques simples. Monod en effet appuie la thèse selon laquelle « en dernière analyse les interactions chimiques

²⁴⁰ H. Rouvière, (1952), p. 104. Cité par C. Tresmontant (1966) p. 233.

²⁴¹ H. Rouvière, (1952), p. 104. Cité par C. Tresmontant (1966) p. 233.

²⁴² L. Bounoure, (1949), p. 41. Cité par C. Tresmontant (1966), p. 238.

mises en jeu sont de même nature que celles qui construisent un cristal moléculaire », en s'appuyant sur le fait que « les cas passés en revue juste auparavant - tels l'association spontanée de molécules, les particules du ribosome, la construction spontanée de certains bactériophages, bref, tous ces exemples - suffisent à illustrer le processus par lequel des structures complexes, auxquelles sont attachées des propriétés fonctionnelles, sont construites par l'assemblage stéréospécifique, spontané, de leurs constituants protéiniques. »²⁴³

Or, « de nature totalement différente, fait valoir à ce sujet Jean Swyngedauw, est le transfert de matériaux adéquats, issus du milieu de culture vers les corps microbiens, qui entraîne le développement d'individus singuliers propageant le phénomène Vie. »²⁴⁴ Celui-ci pense devoir mettre l'accent sur le fait que le phénomène chimique pris comme exemple par Monod, celui de la cristallisation, n'a rien de commun avec les métabolismes cellulaires qui se déroulent sous l'effet d'un système régi par l'ADN. L'information du vivant n'est pas pour lui une simple négentropie. Un système informé demande plus d'énergie pour continuer à le rester qu'un minéral. Cette même considération se trouve chez A. Lwoff, qui souligne, non sans humour, que « nourri de pastilles de négentropie, aussi positive que puisse être l'entropie négative, même un physicien succomberait. »²⁴⁵

Le deuxième point de discussion est lié au fait que la réplication avec ses mutations n'est pas identique au phénomène de reproduction en tant que tel où celle-ci se trouve « brassée » par le phénomène sexué. Facteur sur lequel il faut compter également, en matière de maintien de l'espèce ou d'évolution.

Il convient, en effet, de faire remarquer que la notion de réplication implique la résultante d'une copie identique, alors que la reproduction a pour effet une copie semblable, et donc différente et non pas identique purement et simplement. Aussi, s'il est adéquat de concevoir le système de l'ADN comme système de réplication, il n'est peut-être pas adéquat de voir dans la sexualité uniquement une simple recherche de l'invariance. Avec la sexualité, il paraît un peu court de parler d'invariance strictement car un être nouveau apparaît avec l'union de deux génomes différents au sein des gamètes mâles et femelles. Avec 2 ADN différents, au cours de la méiose, $1+1=1$. Ce n'est qu'à partir de cette nouvelle union réalisée qu'effectivement la réplication commence. Mais il convient de distinguer les étapes qui relèvent de la méiose, dans les cellules germinales, et celles qui relèvent de la mitose, dans toute cellule. Invariance, soit, au niveau de l'espèce, mais singularité, au niveau de l'organisme nouvellement conçu.

²⁴³ J. Monod, (1970), p. 116.

²⁴⁴ J. Swyngedauw, (1990), pp. 154-155.

²⁴⁵ A. Lwoff, (1970), p. 180.

Certes Monod évoque le « flux génétique promu par la sexualité »²⁴⁶, mais cette invariance de l'espèce ne souligne peut-être pas assez, surtout s'il s'agit d'organismes doués d'autonomie, la singularité et la possibilité de comportements nouveaux engagés par chacun. De plus, pour prolonger cette réflexion, on peut se demander si « tout ce qui est vrai pour *Escherichia coli* est vrai pour l'éléphant » est une proposition recevable. En tout cas, Monod ne dit pas que l'inverse soit vrai, ce qui est prudent de sa part ! Monod n'est pas un spécialiste des organismes supérieurs. Certains spécialistes de la paléontologie, tels qu'Yves Coppens, lui opposent des arguments à faire valoir aussi. Ces arguments touchent principalement à la grande adaptabilité du vivant liée au milieu, en particulier due à de très grands changements climatiques²⁴⁷ qui peut modifier le génome de façon beaucoup plus spectaculaire que ce que Monod laisse suggérer. Dans son étude du milieu intitulée « l'environnement des hominidés au plio-pléistocène », Yves Coppens propose, en particulier, l'hypothèse, par exemple, pour la première fois, à la *Geological Society* de Londres, en Février 1975, que « l'évolution du climat, des faunes et des flores puisse être mise en corrélation avec l'évolution des hominidés. »²⁴⁸

Le troisième point évoque bien des aspects mettant en valeur le fait que tout ce processus de la réplication n'est pas aussi déterministe, rigidement programmé que Monod l'affirme.

Paul Villoutreix insiste sur la remise en cause actuelle de ce schème de causalité unidirectionnelle : Monod ne recense qu'une causalité unidirectionnelle, celle qui s'effectue à partir de l'ADN, qui ne tient pas compte des contraintes ou des rétroactions dans l'organisation de l'expression génétique. Or, le rôle actuellement dévolu à l'ARN dans une transcription inverse n'a-t-il pas des répercussions sur la caractérisation de l'ARN tel qu'il est envisagé par Monod ? En effet, une expérience décisive montre que parfois l'information remonte du cytoplasme au noyau, de l'ARN à l'ADN.

À ce sujet, on peut aussi faire valoir une réflexion d'Hubert Saget exposée dans sa thèse pour le doctorat en médecine, intitulée *La finalité des déterminismes biologiques*²⁴⁹ : « Il n'est pas douteux que les molécules d'ADN, dans leurs longues chaînes de nucléotides, soient déterminantes des constructions cellulaires qui, de proche en proche, permettront l'édification de l'organisme tout entier. Mais il est non moins certain que l'analyse de leur structure la plus pénétrante et la plus totale imaginable ne permettrait pas de prévoir ce que sera leur effet sous

²⁴⁶ J. Monod, (1970), p. 160.

²⁴⁷ Y. Coppens, (2014), p.25.

²⁴⁸ Y. Coppens, (2014), p. 35.

²⁴⁹ H. Saget, (1966), p. 36.

la forme de l'adulte, dans son détail infini et circonstancié. »²⁵⁰ Saget donne un éclairage en 1966 sur la haute précision de la réplication, tout en avouant de larges lacunes que Monod pense pouvoir être rapidement comblées dans les années qui vont suivre ses propres résultats, en soulignant que les embryologistes s'engagent dans la voie de la notion de « champ morphogénétique ou de gradient » pour rendre compte de la construction d'un tissu ou de la différenciation d'un organe.²⁵¹

Cette conception de la réplication provoque des réactions critiques chez les darwiniens :

Jean-Claude Ameisen souligne que Monod se distancie grandement de Darwin avec cette théorie de l'invariance. Selon Ameisen, Monod se porte en faux vis-à-vis de Darwin pour qui il y a une métamorphose permanente qui modifie le donné ; chez Monod l'invariance est première et « l'invariance parfois varie », comme a pu le dire Ameisen, non sans humour.

Autre point de discussion : Kupiec et Sonigo posent la question²⁵² de savoir s' « il est vraiment possible de dire », comme le fait Monod, « que la propriété fondamentale des êtres vivants est l'invariance ou bien qu'il « existe une norme structurale spécifique », lorsqu'on est par ailleurs évolutionniste. Selon eux, « Ne s'agit-il pas d'une régression à un point de vue prédarwinien ? C'est précisément, poursuivent-ils, l'abandon de l'idée de cette norme, de ce que Buffon appelait le prototype, qui a permis l'élaboration de la théorie de la sélection naturelle. L'espèce est une notion métaphysique. La croyance en son existence ressortit toujours à une idéalisation du monde et non à sa réalité. Sa réintroduction par la génétique ne procède pas d'une démonstration expérimentale mais d'un point de vue *a priori*. Elle n'est pas plus définie aujourd'hui qu'au Moyen-Âge. Ce problème n'est pas qu'un jeu gratuit pour les érudits. Les théories ont des cohérences internes, et selon la réponse que l'on donne au problème de l'espèce, on sera amené à construire des systèmes de natures radicalement différentes. Si l'on opte pour le réalisme de l'espèce, ce sont tous les concepts de la métaphysique d'Aristote qui seront adoptés dans la foulée. Nous avons vu que Hugo de Vries avait déjà réintroduit la dualité spécifique/accidentel à la suite de l'espèce élémentaire. Nous allons voir qu'effectivement, la génétique a entièrement reconstitué l'« arbre de Porphyre » comme théorie explicative du vivant. La révolution copernicienne a ainsi avorté en biologie avec, pour conséquence, des contradictions qui hypothèquent son développement. De notre point de vue, il n'est pas question de nier l'existence des espèces pour en rester à une querelle scolastique. Il s'agit d'essayer de transcender cette question en proposant une théorie qui ne

²⁵⁰ *Id.*

²⁵¹ J. Monod (1970), p. 119.

²⁵² J.-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000), p. 59.

soit pas fondée sur le concept de spécificité. Et il nous semble qu'en cela Darwin avait ouvert un chemin. »²⁵³

Monod explique l'évolution par les erreurs du système répliatif.

- Monod énonce le fait que l'ADN, qui constitue le système de répliation, non seulement assure la permanence des espèces, mais est aussi à l'origine de leur évolution. N'est-ce pas paradoxal ? En effet, « Cet extrême conservatisme, poursuit-il dans la *Leçon*, pourrait paraître s'opposer à la variation, donc à l'évolution : il s'y oppose en effet. Résultat satisfaisant, car l'évolution des espèces est, en définitive, un fait beaucoup moins paradoxal que leur stabilité. » De fait, les mécanismes de la répliation de l'ADN ne sont pas infallibles, et l'évolution s'avère être, de l'avis de Monod, la conséquence des imperfections du système conservateur. Des lois « objectives », dont l'origine de l'existence n'est pas interrogée, assurent la transmission et la répliation invariable des éléments basiques du vivant : les protéines et les enzymes considérées comme des « machines ». Puis surviennent des « erreurs » de la nature, des mutations accidentelles qui permettent aux structures, aux organismes de se former, d'évoluer et de produire la diversité du vivant.

- Que l'évolution soit envisagée comme simple avatar dû au hasard de l'invariance première est pour le moins paradoxal : que l'on pense à ces espèces qui se sont maintenues pendant des millions d'années sans aucun changement ou qui se sont modifiées mais tout en restant la même espèce. Monod d'ailleurs les cite et invoque alors pour initier les changements, un autre paramètre : le nouveau comportement de l'organisme face aux contraintes extérieures : nouvelles niches écologiques ou « pression de sélection », concept qui nécessite d'être explicité, pour en éclairer les prérequis.

- Monod parle bien, avons-nous dit, de la structure répliatif de l'ADN comme d'un « "conservatoire du hasard", sourd au bruit autant qu'à la musique »²⁵⁴. Peut-on vraiment soutenir avec Monod que les instructions du code génétique ou les structures des protéines relèvent bien du hasard ? Ceci présuppose en effet que l'ADN lui-même soit obtenu par hasard, ce que Monod semble suggérer en affirmant que « ce code, universel dans la biosphère, paraît chimiquement arbitraire, en ce sens que le transfert pourrait aussi bien avoir lieu selon une autre convention. »²⁵⁵ Point sur lequel il revient de façon plus explicite encore, en optant, en attendant plus ample confirmation, pour le second terme de l'alternative stéréospécificité/hasard pour expliquer la formation du code : « Le code, tel que nous le

²⁵³ J-J. Kupiec et P. Sonigo, idem.

²⁵⁴ J. Monod, (1970) p. 152.

²⁵⁵ J. Monod, (1970) p. 143.

connaissions, résulte d'une série de choix au hasard qui l'ont enrichi peu à peu. »²⁵⁶ Monod reconnaît que cette hypothèse « n'explique pas l'universalité du code »²⁵⁷, sauf à admettre cette production par le hasard, conservée par sélection naturelle, qui fait que « parmi de nombreuses tentatives d'élaboration, une seule a survécu. »²⁵⁸ « Il est possible, bien entendu, admet-il, que ce caractère singulier soit dû à l'élimination, par la sélection, de beaucoup d'autres tentatives ou variantes. » « Mais, » poursuit-il, « rien n'impose cette interprétation. »²⁵⁹ Monod hésite cependant sur cette possible élimination par cette sélection naturelle quand il fait remarquer que « par l'universalité-même de ses structures, à commencer par le code, la biosphère apparaît comme le produit d'un événement unique. »²⁶⁰ Comment Monod peut-il soutenir à la fois, d'une part, que l'ADN et le système de codage soient obtenus par hasard et, d'autre part, que l'origine de ce système de code nous est totalement inconnue ? Car, selon le terme même de Monod, ce n'est pas de problème dont il faudrait parler, mais plutôt d'une véritable « énigme. »²⁶¹ Cinquante années, à présent, nous séparent de la *Leçon inaugurale* de Monod au Collège de France, et l'énigme n'est pas encore résolue. En fait, si Monod prend parti ici pour une explication complète par le hasard, comme nous le montrerons lors de la discussion en deuxième partie de cette thèse, il s'agit là d'une position métaphysique, qui ne peut pas découler des résultats scientifiques en tant que tels. Cependant, on pourrait faire, selon Henri Buc, à l'aide du chapitre 7 et des textes des deux conférences de Monod à Oxford en 1973 et à Zurich en 1975, une nouvelle « théorie physique de l'hérédité » comme l'annonce Monod,²⁶² qu'il nommera la théorie générale du code génétique. Cette étude montrerait une certaine évolution dans la pensée de Monod. Les textes « *On the molecular theory of evolution* »,²⁶³ et « l'évolution microscopique »²⁶⁴ annoncent en effet une prise en compte beaucoup plus large de tous ces phénomènes, donnant à la notion de « cybernétique » un poids considérable et très novateur en biologie moléculaire. Nous mettrons l'accent sur ce point dans le deuxième temps de notre recherche, quand il s'agira de donner un éclairage sur la dimension philosophique des thèses scientifiques de Monod.

²⁵⁶ J. Monod, (1970) p. 182.

²⁵⁷ J. Monod, (1970) p. 183.

²⁵⁸ J. Monod, (1970) p. 183.

²⁵⁹ J. Monod, (1970) p. 184.

²⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 184.

²⁶¹ J. Monod, (1970) p. 183.

²⁶² J. Monod, (1970) p.11.

²⁶³ J. Monod, (1973) Herbert Spencer Lectures Book, pp. 11-24, Fonds Monod, publication 133 bis.

²⁶⁴ J. Monod, Interview donnée à l'issue de la Quatrième conférence commémorative Hartmann-Müller du 14.02.1975 traduite par Alfred Glucksmann (1977) dans *Theoria to theory* », 10, pp. 303-311, Epreuves, Archives, Fonds Monod, publication 136.

L'ADN-mémoire. De nombreuses études actuelles insistent sur le rôle de l'ADN-mémoire²⁶⁵ Ces remarques s'en font l'écho, dans le numéro ayant pour titre « L'évolution, rien ne l'arrête », dans la revue scientifique *Pour la science* : « Quelques trois milliards d'années d'évolution sont gravées, généralement sous forme d'ADN (ou d'ARN pour certains virus), dans les séquences d'acides nucléiques qui sont les briques constitutives du génome. La fonction biologique des protéines est sous le contrôle de « l'ADN-mémoire »²⁶⁶ : la molécule d'ADN est la mémoire moléculaire la plus fiable que l'on connaisse. Au contraire les protéines sont trop instables pour être le support de l'information génétique. » Michel Morange insiste également sur ce point dans *La part des gènes*. De plus, il existe de nombreuses stratégies des protéines visant à réparer les erreurs de recopiage.

- L'ADN « poubelle », nommé comme tel injustement, parce que non codant et considéré comme sans destination pendant de nombreuses années, jouerait un rôle primordial dans tous les systèmes de régulation, totalement inconnus à l'époque de Monod.

- Le processus de traduction, lui non plus, ne s'avère pas aussi déterminé. Le processus décrit par Monod de la transcription de l'ADN en ARN messager capable de quitter le noyau pour rejoindre le ribosome de la cellule, exprimant une protéine par le processus cette fois de traduction, ne s'avère pas aussi déterminé que ce que pense Monod. En effet, toute une part d'aléatoire est actuellement mise en lumière entre les instructions contenues dans l'ADN et la manière de les réaliser. Les travaux de Kupiec en particulier recensent différents facteurs à l'origine du caractère aléatoire de l'expression des gènes : le mouvement brownien* qui décrit la diffusion des protéines ; la spécificité ou non entre le facteur de transcription et la région de la séquence ADN cis-régulatrice ; le nombre de protéines en présence, qui, en petit nombre, n'en permet pas ou peu la réalisation ; la forme, puisque l'activité a davantage lieu dans l'euchromatine plus lâche que dans l'hétérochromatine plus compacte ; sans oublier le facteur temps puisque la séquence ADN selon les différentes durées, quelquefois très courtes, moins de quelques secondes, voit les positions des gènes se déplacer dans un rapport dynamique.²⁶⁷

À la lumière de toutes ces investigations, Kupiec envisage l'ADN non plus comme un programme génétique, mais comme un générateur de protéines aléatoires. Il pose que la différenciation cellulaire qui est à l'origine des différents tissus s'établit par la sélection naturelle et fonde l'explication de la bonne expression des gènes, l'expression en vigueur, comme sélectionnée par l'environnement cellulaire. Cette sélection naturelle serait due aux contraintes cellulaires internes et externes. Toute la question est alors de savoir comment se

²⁶⁵ F. Taddei, I. Matic, M. Radman, « SOS génome : réparation et évolution », dans « L'évolution, rien ne l'arrête », *Pour la science*, n°63, Avril-juin 2009 p. 43.

²⁶⁶ Idem, p. 43.

²⁶⁷ J-J. Kupiec, « L'ADN entre hasard et contraintes », *Pour la science* n°385, nov. 2009, pp. 88-95.

met en place ce milieu de la cellule qui va sélectionner. Comment cet environnement est-il produit ? Ce milieu ne se met-il pas en place aussi d'une certaine façon selon les instructions contenues dans la séquence d'ADN ?

De plus, il s'avère que nous découvrons actuellement de nombreuses stratégies des protéines visant à réparer le système de recopiage.

Le code est un message qui connaît un système de ponctuation, comme le rappelle Jean-Pierre Soulier : utilisant quatre lettres correspondant aux quatre bases, ce code pouvait théoriquement spécifier 64 acides aminés différents (4 fois 4 fois 4), alors qu'il n'y en a que 20 à exprimer. En fait, certains triplets servent de signal de fin de traduction (codons non-sens). De plus, ce code connaît une fonction de synonymie ou d'univocité : la plupart des acides aminés sont codés par deux ou plusieurs codons dits « synonymes » (jusqu'à 8 pour la leucine). Deux acides aminés (tryptophane et méthionine) ne sont codés que par un seul triplet dit « univoque ».

Enfin, on peut faire une toute dernière remarque au sujet de l'apport de cette découverte du mécanisme du code. Monod insiste en effet sur le caractère universel de ce mécanisme du code génétique, commun à toutes les espèces, qui irait dans le sens de la possibilité d'un ancêtre commun à toutes les espèces vivantes, hypothèse toujours à l'étude actuellement.

Pour conclure sur ce sujet, il est possible d'affirmer que la biologie moléculaire du XXI^e siècle s'achemine vers une conception de la réplication et de la traduction conçue de façon plus souple, en lien avec des phénomènes de sélection naturelle, au cœur de la cellule, et selon l'adaptation au milieu, qu'il soit cellulaire ou externe, et également plus aléatoire que celle du temps de Monod. Cependant si ces nuances sont apportées, si le rôle de l'ADN non codant est à présent beaucoup mieux identifié, le mode de fonctionnement de ces deux fonctions constitue un linéament incontestable de la biologie moléculaire sur lequel on ne revient absolument pas.

3) Rôle des mutations aléatoires et de la sélection naturelle.

Toutes ces réserves mises à part, nous pouvons dire cependant que Monod adhère à la thèse de la théorie synthétique de l'évolution selon laquelle on admet que les organes se construisent très lentement par un jeu de mutations aléatoires et de sélection naturelle. Au chapitre 7 « Évolution »²⁶⁸, il se réfère notamment à George Simpson, en dépit de l'opposition de ce

²⁶⁸ J. Monod, (1970) p. 159.

dernier à l'évolution orientée,²⁶⁹ et à son ouvrage qui a pour titre *The meaning of Evolution*.²⁷⁰ Cette théorie repose aux yeux de Monod sur des faits avérés et représente donc un acquis de la science. Selon lui, « On peut dire aujourd'hui que les mécanismes élémentaires de l'évolution sont non seulement compris en principe, mais identifiés avec précision. »²⁷¹ Autrement dit, pour penser l'évolution, il nous invite à penser l'articulation mutations aléatoires/sélection naturelle. Francesca Merlin, dans sa thèse, remarque que « Monod fournit un exemple paradigmatique de l'utilisation de la notion « de hasard » au sens d'Antoine-Augustin Cournot, comme hasard objectif qui, sans adopter le déterminisme laplacien, conçoit toutefois des déterminismes régionaux, hasard défini comme rencontre de deux séries indépendantes. » Ce hasard nommé « objectif » ici, Monod le qualifie, quant à lui, d'« essentiel ». Francesca Merlin entend préciser la manière dont Monod utilise cette notion pour caractériser les mutations génétiques. « Monod, dit-elle, utilise le terme « hasard » en référence aux mutations génétiques pour désigner un fait insolite, exceptionnel, inattendu, qui s'oppose à tout ce qui, au contraire, est constant, régulier, prédictible. Le hasard, c'est-à-dire l'inconstant, l'irrégulier, l'imprédictible, essentiellement opposé à l'ordre et à la régularité, s'introduit à travers les mutations dans un système soumis à la nécessité, l'organisme vivant caractérisé par l'invariance et la téléonomie. Par cette inscription, le hasard devient nécessaire. »²⁷² Il est possible de se reporter à présent au bref résumé de la fin du chapitre 6 de *HN* sur les mutations aléatoires, c'est-à-dire au début du 4) concernant les perturbations microscopiques. On peut également se référer au tableau du chapitre 6 donné en annexe.

a) Les mutations aléatoires

Selon Monod, se faisant ici l'écho des théoriciens de la théorie synthétique de l'évolution, l'évolution n'apparaît que comme une perturbation aléatoire de l'invariance. « Pour la théorie moderne, l'évolution n'est nullement une propriété des êtres vivants puisqu'elle a sa racine dans les imperfections mêmes du mécanisme conservateur, qui, lui, constitue bien leur unique privilège. »²⁷³ Monod insiste encore sur cette idée au chapitre 7 « Évolution », dans les tout premiers paragraphes, idée que nous allons commenter dans ce qui suit. En effet, Monod présente l'évolution comme un avatar survenu à l'invariance, qui est la loi générale du vivant, et dont la téléonomie réside principalement en ce fait de la poursuite de l'invariance, comme cela était indiqué dès le chapitre 1. L'évolution résulterait des défauts de transmission du

²⁶⁹ P-P. Grassé, (1973) p. 173.

²⁷⁰ G. Simpson, (1951). [1949].

²⁷¹ J. Monod, (1970) p. 178.

²⁷² F. Merlin, (2009), p. 64.

²⁷³ J. Monod, (1970) p. 152.

descriptif ADN. Monod pose le « hasard pur, le seul hasard, liberté absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution ». Il poursuit : « Cette notion centrale de la biologie moderne n'est plus aujourd'hui une hypothèse, parmi d'autres possibles ou au moins concevables. Elle est la *seule* concevable, comme seule compatible avec les faits d'observation et d'expérience. »²⁷⁴ La seule source de l'évolution, ce sont les mutations et celles-ci sont considérées comme purement aléatoires. Que recouvre précisément cette réalité de la mutation ?

C'est Hugo de Vries, l'un des fondateurs de la génétique, qui, au XIXe siècle, introduit ce concept de mutation : la mutation définissait, selon lui, les caractères qualitatifs de l'espèce, par opposition aux fluctuations désignant des variations quantitatives non spécifiques. Avec la théorie synthétique, la mutation devient une altération accidentelle microscopique. Dans cette perspective, disions-nous, l'évolution n'est qu'un avatar de l'altérité survenu au même, à l'identique, à ce qui se devait d'être permanent. « La contradiction entre stabilité et évolution, explique Monod dès la *Leçon inaugurale*, n'est qu'apparente. Il est facile de voir que le mécanisme de copie conforme que représente la réplication de l'ADN permet précisément la conservation non seulement de la norme spécifique, mais de tout accident fortuit survenu dans la reproduction de cette norme. Car les mécanismes qui assurent la réplication de l'ADN ne sauraient évidemment être absolument infaillibles. Qu'un accident se produise, entraînant une erreur dans la reproduction du programme, l'erreur à son tour sera conservée, reproduite, multipliée ; à moins qu'elle n'entraîne, ce qui est certainement le cas pour l'immense majorité de ces accidents, la disparition de la lignée cellulaire où elle s'est produite. L'évolution, l'émergence de structures complexes à partir de formes plus simples, est donc la conséquence des imperfections même du système conservateur que représente une cellule. »²⁷⁵

Une mutation est en soi un événement microscopique, imprévisible par nature. L'accent est mis sur le caractère inéluctable des mutations qui, tôt ou tard, modifient les structures : « La physique nous enseigne que (sauf au zéro absolu, limite inaccessible) aucune entité microscopique ne peut manquer de subir des perturbations d'ordre quantique, dont l'accumulation, au sein d'un système microscopique, en altérera la structure, graduellement mais inmanquablement. »²⁷⁶ Monod insiste sur la nature de la matière quantique qui fait qu'« il existe, à l'échelle microscopique, une source d'incertitude (...) enracinée dans la structure quantique de la matière elle-même. Or une mutation est en soi un événement microscopique, quantique, auquel par conséquent s'applique le principe d'incertitude.

²⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 148.

²⁷⁵ J. Monod, (1967) *Leçon inaugurale.*, p. 8.

²⁷⁶ J. Monod, (1970) p. 146.

Événement donc *essentiellement* imprévisible par nature. »²⁷⁷ Il explicite dès lors ainsi le rapport de la mutation au niveau du microscopique et de la sélection au niveau macroscopique : « Les événements élémentaires initiaux qui ouvrent la voie à ces systèmes intensément conservateurs que sont les êtres vivants sont microscopiques, fortuits et sans relation aucune avec les effets qu'ils peuvent entraîner dans le fonctionnement téléonomique. Mais une fois inscrit dans la structure de l'ADN, l'accident singulier et, comme tel, essentiellement imprévisible va être répliqué et traduit (...) Tiré du règne du pur hasard, il entre dans celui de la nécessité (...) Car c'est à l'échelle macroscopique, celle de l'organisme, qu'opère la sélection. »²⁷⁸

Ces mutations interviennent tant au niveau de la réplication qu'au niveau de la traduction et sont envisagées comme des erreurs de copie : « Les seules erreurs de copie affectant de façon durable la cellule sont celles qui atteignent le matériel génétique même, c'est-à-dire les mutations. »²⁷⁹

En ce qui concerne les erreurs de réplication, Monod rapporte bien les différents types d'altérations accidentelles discrètes que peut subir une séquence de polynucléotides dans la double fibre de l'ADN à ce hasard essentiel que nous avons défini comme coïncidence absolue. Toutes ces mutations, qu'il s'agisse de la substitution d'une seule paire ou de plusieurs paires de nucléotides, qu'il s'agisse de la délétion ou de l'addition d'une ou plusieurs paires de nucléotides ou de divers « mastics » altérant le texte génétique par inversion, répétition, translocation et fusion de segments plus ou moins longs, toutes ces altérations accidentelles « constituent la *seule* source possible de modification du texte génétique. »²⁸⁰ Monod montre dans les *Appendices* que certains agents et le mécanisme chimique conduisant à ces altérations sont de mieux en mieux identifiés : « par exemple, la substitution d'une paire de nucléotides à une autre est due au fait que les bases azotées peuvent, outre leur état « normal », adopter exceptionnellement et transitoirement une forme tautomérique dans laquelle la capacité d'appariement spécifique de la base est en quelque sorte « inversée » ; par exemple la base C, dans la forme « exceptionnelle » s'apparie à A et non à G. On connaît des agents chimiques qui accroissent considérablement la probabilité, c'est-à-dire la fréquence, de ces appariements « illicites ». Ces agents sont de puissants « mutagènes ». »²⁸¹ La stéréospécificité, dans ce cas paraît comme neutralisée. Monod explique d'autre part la délétion ou l'addition d'un ou plusieurs nucléotides par la présence

²⁷⁷ J. Monod, (1970) p. 150.

²⁷⁸ J. Monod, (1970) p. 155.

²⁷⁹ J. Monod, *Sur le mode d'action des gènes et leur régulation*, p. 3.

²⁸⁰ J. Monod, (1970) p. 147-148.

²⁸¹ J. Monod, (1970) p. 236-237.

d'autres agents chimiques, capables de s'insérer dans la fibre d'ADN et ainsi de la déformer et de favoriser ces accidents. Enfin, les divers types de délétions ou de « mastics » sont l'effet de radiations ionisantes, rayons X ou rayons cosmiques.

Au cas où la physique nierait un jour le principe d'incertitude, Monod tient à souligner qu'il reste qu'« entre le déterminisme, fût-il entier, d'une mutation de séquence de l'ADN et celui de ses effets fonctionnels », **le hasard essentiel est total**²⁸², sauf à penser avec Laplace un déterminisme absolu. Voici les propos de Monod : « Quoi qu'il en soit il faut souligner que, si même le principe d'incertitude devait être un jour abandonné, il n'en demeurerait pas moins qu'entre le déterminisme, fût-il entier, d'une mutation de séquence dans l'ADN et celui de ses effets fonctionnels au niveau des interactions de la protéine, on ne pourrait encore voir qu'une « coïncidence absolue », au sens défini plus haut par la parabole du plombier et du docteur. L'événement resterait donc du domaine du hasard « essentiel ». À moins bien entendu de revenir à l'univers de Laplace, d'où le hasard est exclu par définition et où le docteur, de tout temps, devait mourir sous le marteau du plombier. »²⁸³ Ce hasard essentiel est donc appelé²⁸⁴, en tant qu'il désigne une coïncidence absolue, selon la définition établie par Cournot, au titre de l'intersection de deux chaînes causales indépendantes, qui se trouvent dès lors distinguées d'un simple jeu de probabilités. C'est en effet au chapitre III « Du hasard de la probabilité mathématique », de son livre intitulé *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la Critique philosophique* que se trouve la définition du hasard que voici : « Les événements amenés par la combinaison ou la rencontre d'autres événements qui appartiennent à des séries indépendantes les unes des autres, sont ce qu'on appelle des événements *fortuits* ou des résultats du *hasard*. »²⁸⁵ Monod confirme cet emprunt à la définition de Cournot en affirmant de plus qu'il y a bien rencontre de deux séries de causes totalement indépendantes : « Entre les événements qui peuvent provoquer ou permettre une erreur dans la réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles, il y a indépendance totale. »²⁸⁶

Ces mutations s'exercent aussi au niveau de l'appareil de traduction. « On connaît des mutations qui, altérant la structure de certains composants du mécanisme de traduction, modifient de ce fait l'interprétation de certains triplets et commettent donc (eu égard à la convention régnante) des erreurs très préjudiciables à l'organisme. »²⁸⁷ Affirmation réitérée expliquant en partie sénescence et mort : « La sénescence et la mort des organismes

²⁸² J. Monod, (1970) p. 150.

²⁸³ J. Monod, (1970) p. 150.

²⁸⁴ J. Monod, (1970) pp. 148-149.

²⁸⁵ A-A. Cournot, (1851) p. 52.

²⁸⁶ J. Monod, (1970) p. 149.

²⁸⁷ J. Monod, (1970) p. 142.

pluricellulaires s'expliquent, en partie au moins, par l'accumulation d'erreurs accidentelles de traduction qui, altérant notamment certains composants responsables de la fidélité de la traduction elle-même, accroissent la fréquence de ces erreurs, qui dégradent peu à peu, inexorablement, la structure de ces organismes. »²⁸⁸

Ces mutations se trouvent redoublées par le hasard de leurs recombinaisons lors de l'échange sexué.

Comment l'information correspondant aux formations évolutives successives s'est-elle introduite dans l'ADN ? Monod ne semble pas résoudre autrement la question de la cause de l'apparition de ces séquences supplémentaires d'ADN : pour lui, elles résultent, comme nous le trouvons au chapitre 7, « d'un grand nombre de mutations indépendantes successivement accumulées dans l'espèce originale, puis, toujours au hasard, recombinaisons grâce au « flux génétique » promu par la sexualité. »²⁸⁹ « Toute évolution sensible, telle que la différenciation de deux espèces, même très voisines, résulte d'un grand nombre de mutations indépendantes, successivement accumulées dans l'espèce originale, puis, toujours au hasard, recombinaisons, grâce au « flux génétique » promu par la sexualité. Un tel phénomène, en raison du nombre des événements indépendants dont il est le résultat, est statistiquement irréversible. »²⁹⁰

En effet, si la mutation est rare et ponctuelle, elle est réversible ; si, au contraire les mutations sont en grand nombre, à l'échelle d'un organisme ou d'une population, elles deviennent irréversibles : mutations multipliées tout d'abord à des millions d'exemplaires dans chaque cellule, et multipliées aussi par la recombinaison par le biais de la sexualité.

Si les mutations répondent à une loi de probabilité, la loi des grands nombres, telle que celle exprimée pour la première fois par Poisson, elles pourraient relever d'un « hasard opérationnel », et pourtant Monod insiste sur le fait qu'elles relèvent toutes d'un « hasard essentiel ».

Selon les estimations de Monod,²⁹¹ une mutation au sein de l'ADN d'une bactérie est un accident rare, de l'ordre de 1 pour 10^{-6} , à 10^{-8} par génération cellulaire. Monod fait de plus observer qu'une mutation simple, ponctuelle, telle que la substitution d'une lettre du code à une autre dans l'ADN est réversible. Mais, une population bactérienne en développement comporte des milliards de cellules, donc un nombre important de mutants. « À l'échelle de la population, la mutation n'est nullement un phénomène d'exception : c'est la règle ». ²⁹² Monod constate aussi que le nombre de mutations dans la lignée germinale d'ovule à ovule ou

²⁸⁸ J. Monod, (1970) p. 146.

²⁸⁹ J. Monod, (1970) p. 160.

²⁹⁰ J. Monod, (1970) p. 160.

²⁹¹ J. Monod, (1970) pp. 157-158.

²⁹² J. Monod, (1970) p. 157.

de spermatozoïde à spermatozoïde est aussi très important. Il en va ainsi dans la lignée germinale des organismes supérieurs (dont le génome contient mille fois plus de gènes que le génome d'une bactérie) - ce sont les données de 1970, que nous savons inexactes depuis leur séquençage - et dont les gamètes mâles se comptent par milliards. L'apparition de maladies génétiques *de novo*, dans des familles humaines sans antécédents familiaux, avec une fréquence de l'ordre de 1 pour 10^{-4} à 10^{-5} naissances, confirme la réalité de ces mutations transmissibles. Monod avance un chiffre de mutations supérieur à cent milliards par génération : « Au total, on peut estimer que, dans la population humaine actuelle, il se produit, à chaque génération, quelque cent à mille milliards de mutations. Je n'avance ce chiffre que pour donner une idée des dimensions de l'immense réservoir de variabilité fortuite que constitue le génome d'une espèce. »²⁹³ Il pense ainsi avoir réfuté par avance l'objection qui lui sera faite, selon laquelle les mutations et modifications chromosomiques sont beaucoup trop rares pour pouvoir expliquer les millions d'espèces existantes. À la lumière d'un tel examen, Monod affirme que « les altérations accidentelles de l'ADN sont dues au hasard, seule source de nouveauté ».²⁹⁴ Or, dans le cas de la loi générale du hasard dans une séquence d'acides aminés tout aussi bien, celui-ci est présenté comme produit des fréquences moyennes,²⁹⁵ d'où l'idée de probabilité pouvant relever comme jeu de calcul du hasard opérationnel, différent de l'idée de hasard essentiel.

Pour Monod, ce hasard essentiel explique tant l'apparition de nouveaux organes - ainsi, selon lui l'œil et la vision sont sortis « d'un jeu *totale*ment aveugle »²⁹⁶ - que l'évolution des espèces, car celui-ci est également à la source de « l'émergence évolutive, qui grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, est créatrice de nouveauté absolue. »²⁹⁷ Monod nous invite à concevoir correctement « cette inépuisable richesse de la source du hasard où puise la sélection. »²⁹⁸ Ainsi, toute son argumentation vise à rendre compte de l'évolution uniquement par le hasard des mutations soumises à la nécessité de la sélection naturelle, opérant une distinction fondamentale qui consiste à montrer que le hasard agit à l'échelle microscopique tandis que la nécessité de la sélection opère à l'échelle de l'organisme, c'est-à-dire à l'échelle macroscopique.²⁹⁹

²⁹³ J. Monod, (1970) p. 158.

²⁹⁴ J. Monod, (1970) pp. 126-127.

²⁹⁵ J. Monod, (1970) p. 127.

²⁹⁶ J. Monod, (1970) p. 128.

²⁹⁷ J. Monod, (1970) p. 151.

²⁹⁸ J. Monod, (1970) p. 161.

²⁹⁹ J. Monod, (1970) p. 155.

Discussion sur les mutations aléatoires.

Dans la discussion qui va suivre sur les mutations aléatoires, on commencera par se demander si la notion d'erreur de copie utilisée par Monod et ses successeurs, au-delà du processus indéniable de copie non-conforme qui se déploie, ne revêt pas un choix métaphysique implicite. De même, nous distinguerons ce qui est purement **aléatoire** de ce qui est indéterminé et nous verrons si là aussi, il n'y a pas une façon d'établir la légitimité de l'indéterminisme, sur un plan métaphysique en lieu et place d'un pur aléatoire, sur un plan scientifique.

Ensuite, nous donnerons la teneur de divers types d'arguments visant tous à minimiser le rôle de ces mutations aléatoires, voire à en nier le rôle fondamental : le caractère le plus souvent délétère des mutations ; le caractère coordonné de facteurs internes organisant le vivant semblant déjouer le hasard et sa coordination avec le milieu ambiant ; l'impossibilité mathématique, vue la durée de la terre, d'après certains calculs, d'expliquer le vivant par les mutations. Face à tous ces arguments, nous reconnaissons le rôle indéniable de ces mutations. Ce qui ne nous ôtera pas la possibilité métaphysique de les penser encadrées par un « ordre supérieur » qui les permet.

Que vaut la notion d'erreur de copie employée par Monod ?

Cette notion nommée également « mastic », évoquant ce que l'on appelle des « coquilles », dans le jargon de l'imprimerie, est étudiée par Georges Canguilhem réfléchissant sur les apports de Monod, en particulier dans sa conférence Nobel et dans sa *Leçon inaugurale*. Elle se trouve liée, selon lui, à sa conception du vivant comme langage. En effet, le mécanisme de langage comprend des erreurs de copie, auquel est comparée l'origine des errances dans le mécanisme du vivant. « L'erreur » devient « un nouveau concept en pathologie », comme le souligne Canguilhem dans *Le Concept et la Vie* au dernier paragraphe portant sur l'erreur.³⁰⁰ Michel Foucault énonce un peu plus tard, dans l'introduction de l'édition de 1978 à l'ouvrage traduit en anglais de Canguilhem, et à sa lumière, qu' « à la limite, la vie, c'est ce qui est capable d'erreur. »³⁰¹ On mesure l'écart avec la définition de Claude Bernard pour qui « la vie, c'est la *création*. »³⁰² Pour G. Canguilhem, la dimension de l'erreur permet la réintroduction de cette normativité irréductible qui définit le vivant avec sa normativité interne, mise en lumière dans *Le normal et le pathologique*.³⁰³ Cependant, dans l'analyse qu'il fait du vivant,

³⁰⁰ G. Canguilhem, (1966).

³⁰¹ M. Foucault, (1994), p. 774., dans *Dits et écrits*, « Introduction par Michel Foucault, in G. Canguilhem, in *On the Normal and the Pathological*, Boston, D. Reidel, 1978, pp. IX-XX »

³⁰² C. Bernard, [1865], (2008), p. 173.

³⁰³ G. Canguilhem, (2013), [1943].

intervient encore une différence qualitative dans le règne du vivant, qui est définitivement niée avec Monod qui ne mesure plus que des quantités. On pourrait dire que d'une certaine manière, Monod opère ici une synthèse entre la vision de C. Bernard et celle de G. Canguilhem, car il pense bien, comme ce dernier, l'évolution comme création absolue mais la considère comme surgie des erreurs du système répliatif, erreurs sur lesquelles Canguilhem appuie une bonne partie de sa réflexion sur la biologie moléculaire.

Monod s'inspire, en matière « d'erreurs de copie », de la conception de Julian Huxley, présentée dans *l'Évolution en action*. Pour ce dernier « la continuité de la vie repose sur des gènes dont l'autoreproduction est incomplètement exacte ; la sélection naturelle qui résulte de ce fait primaire est l'agent essentiel de l'évolution telle qu'elle se produit. »³⁰⁴

Selon Julian Huxley, « nous avons deux concepts-clés ou principes à notre disposition. L'un qui depuis Darwin n'a jamais cessé de faire partie de nos connaissances, est la sélection naturelle. L'autre (...) est le progrès biologique. La sélection naturelle est la force directrice, tandis que le progrès biologique est le terme général qui désigne les tendances qui en résultent.(...) Les deux ensembles résultent d'une seule propriété de toute matière vivante : celle de se copier elle-même, mais avec des imprécisions occasionnelles.(...) La mutation vient d'inexactitudes occasionnelles dans les diverses parties de la constitution héréditaire, jusqu'aux éléments ultimes que nous appelons gènes des échecs ; des lacunes se produisent dans l'effort pour maintenir tel ou tel détail de leur complexe structure physique et chimique ; et ces lacunes sont alors fidèlement reproduites par le processus d'autocopie. »³⁰⁵ C'est ainsi que la sélection naturelle convertit, au hasard des mutations, une espèce en une autre. Comme le dit encore Huxley, « essentiellement, la sélection naturelle convertit l'accident en finalité apparente, le hasard aveugle et impétueux en un plan préconçu. La mutation, elle, n'est que la pourvoyeuse du matériau brut de l'évolution ; elle n'est que hasard et agit dans tous les sens. Les gènes sont des molécules géantes, et leurs mutations résultent de légères altérations survenues dans leur structure. »³⁰⁶ C'est ainsi que « la sélection naturelle au cours de ses opérations fait flèche de tout bois, et utilise les imperfections elles-mêmes ; car la mutation, nous pouvons le dire, est bien une imperfection dans cette propriété fondamentale de la matière vivante, qui consiste à se reproduire sans altération [...] L'imperfection est le fondement nécessaire de la sélection. »³⁰⁷

Le choix de déclarer « erreur accidentelle » une mutation au cœur même des mécanismes vitaux n'est-il pas une forme d'anthropocentrisme, terme connoté d'un jugement de valeur en

³⁰⁴ J. Huxley, (1956) [1953] p. 25.

³⁰⁵ J. Huxley, (1956) [1953] p. 25.

³⁰⁶ J. Huxley, (1956) [1953] p. 31.

³⁰⁷ J. Huxley, p. 44.

lien avec la pratique humaine, et donc y voir un abus de langage, sinon un préjugé ? Ne serait-il pas plus conséquent de parler tout simplement d'un système de remplacement ? Si l'on prend, pour se faire comprendre, la métaphore musicale, le système de redondance, d'omission ou d'inversion des notes dans une composition donne tout simplement une mélodie et aucune erreur n'est envisagée à ce stade. Tout au moins ne conviendrait-il pas de s'interroger sur ces potentialités imprévisibles mais contenues ou rendues possibles dans la matière ? Pourquoi la matière est-elle telle que des mutations fassent surgir ou permettent l'apparition de nouveaux organes ? Le changement semble bien souvent programmé pour une nouvelle adaptation, des gènes se recombinaient par incitation interne, réaction générale de l'organisme en raison de stimulations externes.³⁰⁸ Grassé parle même d'une synthèse possible d'un nouvel ADN en raison de facteurs internes : il explique que certains facteurs internes ont pour effet de produire certains enzymes qui synthétisent, à l'aide des nucléotides libres dans le cytoplasme, un nouvel ADN. C'est pourquoi, ne faut-il pas également tenir compte de l'importance, comme le souligne Grassé, « des facteurs internes », ³⁰⁹ lui qui parle d'« évolution cryptique », au sens où une « idée directrice », selon l'expression de Claude Bernard, guiderait le processus ; la sélection naturelle ne ferait que ratifier ces facteurs de changement de plan et d'organisation. Selon ce dernier, l'information nouvelle ne peut résulter que d'une transformation intercellulaire préliminaire. « Il s'agit de tout autre chose que d'erreurs de copie, que du spectre des anomalies de l'ADN, stimulation provenant de l'extérieur, réaction générale de l'organisme atteignant le niveau moléculaire. »³¹⁰ Jean Chaline va lui aussi en ce sens. Car une mutation seule, ou plusieurs mutations s'effectuant au hasard peuvent-elles effectuer un changement de plan d'organisation, qui puisse commander à la construction d'un nouvel organe, par exemple, ou à celle d'une nouvelle espèce ? La découverte des gènes de développement introduit une compréhension tout à fait nouvelle. « Les mutations des gènes régulateurs qui interviennent dans les phases précoces du développement peuvent modifier un plan d'organisation, la chronologie ou la vitesse de développement », comme le signale le livre co-écrit avec Jean Chaline, *Les arbres de l'évolution*, qui font un premier bilan en 2000 de l'état des recherches actuelles.³¹¹ Les gènes *Hox*, « dits "homéotiques " », car leur mutation peut provoquer le remplacement d'une partie du corps de l'animal par une autre partie, »³¹² apparaissent jouer un rôle majeur dans l'évolution. Leur importance se trouve illustrée, dans cet ouvrage, sur deux exemples : le premier porte

³⁰⁸ P-P. Grassé, (1973) p. 399.

³⁰⁹ P-P. Grassé, (1973) p. 378.

³¹⁰ P-P. Grassé, (1973) p. 400.

³¹¹ L. Nottale, J. Chaline, P. Grou, (2000), pp. 175-177.

³¹² M. Morange, (1998), p.114.

sur l'explication de la structure inverse insectes/vertébrés. L'intuition de Geoffroy de Saint-Hilaire qui pensait la région ventrale des invertébrés comme homologue de la région dorsale des vertébrés se trouve confirmée : il s'avère qu'effectivement un changement considérable de structure peut être initié sous le contrôle de quelques gènes. L'autre exemple porte sur la formation des membres des tétrapodes.³¹³

Cette perspective a été, là encore, grandement permise et initiée par les travaux de Monod et Jacob qui, les premiers, ont envisagé la présence de gènes régulateurs. Dans un chapitre sur la découverte des gènes Hox, Michel Morange considère qu'effectivement « la paternité de ces gènes peut en être clairement attribuée à François Jacob et Jacques Monod »³¹⁴ et indique l'étude dans laquelle il justifie très clairement ce point de vue.³¹⁵

Ce qui aussi peut nous conduire à ne pas considérer le phénomène de la mutation comme une simple erreur de copie, consisterait à faire entrer en ligne de compte des lois de la nature, à l'œuvre dans l'univers - tel le surgissement au bon moment et au bon endroit de ces rayons cosmiques - qui, eux, ne relèvent peut-être pas du hasard ? Si l'évolution va du moins vers le plus, en matière d'organisation des organismes, n'est-il pas envisageable que ce soit en raison d'une organisation très pointue de l'univers entier, comme l'affirment en particulier les tenants du principe anthropique ?

Un autre penseur en faveur de ces facteurs internes d'évolution du vivant se trouve être Pierre Teilhard de Chardin. Celui-ci les conçoit à part entière tout en étant reliés dans une vaste synthèse à la cosmogénèse, en dépassant le clivage biochimie-physique. Il parle du phénomène de complexification de la matière, comme un attribut de la vie elle-même. Il envisage une « orthogénèse de fond », qui relie le phylum humain directement à la courbe de cette complexification de la matière. Comme il l'écrit dans *La place de l'homme dans la nature* en 1949 : « Par complexité, j'entends la combinaison, une forme particulière de groupement dont le propre est de relier sur soi un certain nombre fixe d'éléments, en un ensemble clos, de rayon déterminé : l'atome, la molécule, la cellule, le métazoaire, etc. ; par combinaison naît un type de groupe indéfiniment extensible par le dedans qui laisse apparaître à certains niveaux supérieurs de complexité interne, des phénomènes d'autonomie. Cette complexité dégage progressivement une certaine « centrété » , non pas de symétrie (espace), mais d'action (dynamique d'organisation). »³¹⁶ Teilhard propose donc une véritable nouvelle théorie synthétique de l'évolution en schématisant dans un graphe la classification naturelle

³¹³ L. Nottale, J. Chaline, P. Grou, (2000), pp. 178-179.

³¹⁴ M. Morange, (1998), p. 113.

³¹⁵ M. Morange, (1996), *Biol. Zent.* Bl.115, 132-138.

³¹⁶ P. Teilhard de Chardin, (1949).

des complexités qui tient compte de la flèche du temps, des découvertes de la mécanique quantique et du second principe de la thermodynamique. Sa limite est de ne pas décrire le mécanisme de l'émergence des différents paliers de complexité.

Un contre-argument en défaveur des mutations aléatoires, sans apport d'information autre que ces dernières, fait intervenir des considérations d'extension d'une espèce connaissant une prolifération telle qu'elle exclurait la propagation de toute autre espèce, en la rendant proprement impossible. D'après ce que suggère Swyngedauw, « en l'absence d'information supplémentaire, la formule monocellulaire, imbattable sur le chapitre de la prolifération eût envahi toute la planète sans laisser de place aux formes supérieures. »³¹⁷ Il faut répondre à cette objection que précisément ce raisonnement omet le rôle joué par les mutations qui ont permis à ces cellules d'évoluer. Grassé, de son côté, dans *L'évolution du vivant* se demande, ce qui est en soi amusant, pourquoi est présente chez Monod une telle référence soutenue envers Darwin alors qu'il a travaillé toute sa vie sur la bactérie, le seul organisme vivant n'ayant probablement jamais évolué ? On peut répondre à cela par ce fameux aphorisme déjà cité selon lequel, aux yeux de Monod, ce qui est vrai pour la bactérie est vrai pour l'éléphant. Monod recherche à la vérité, des invariants et par là même est en mesure ainsi d'apprécier les écarts de variation, précisément à l'aune de ces mutations.

Autre solution, encore plus radicale, celle de Kupiec qui, sans nier les mutations aléatoires, conteste tout rôle aux mutations dans la séquence des gènes en ce qui concerne l'évolution des espèces. Kupiec et Sonigo considèrent que « L'évolution des espèces ne peut pas être expliquée par les mutations parce que les changements dans la séquence des gènes sont insignifiants. Si, comme dans le modèle de l'élastique, la séquence d'activation des gènes change, il suffit que la position des gènes change par recombinaison pour provoquer une évolution, sans qu'il y ait besoin de mutations. Toutes les réserves d'ADN non codant pourraient servir à ce processus. »³¹⁸ Les propos de Jean-Jacques Kupiec se trouvent confirmés : comme le décrit un article à près de dix ans d'écart de Carrol, Prud'homme et Gompel³¹⁹, sont mises en évidence des mutations qui interviendraient plus au niveau des séquences cis-régulatrices qu'au niveau des gènes eux-mêmes. « À la surprise générale, des études ont révélé que les différences morphologiques entre espèces sont principalement dues à des modifications de séquences particulières d'ADN, des « commutateurs » génétiques, qui ne codent aucune protéine, mais qui régulent où et quand les gènes sont exprimés. [...] Comment expliquer que des protéines semblables puissent produire des anatomies si distinctes ? Chez

³¹⁷ J. Swyngedauw, (1990) p.120.

³¹⁸ J-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 115.

³¹⁹ *Pour la science*, « L'évolution, rien ne l'arrête », 2009, p. 52 et suivantes.

l'homme, l'ensemble des séquences codant des protéines ne représente que 1,5 % du génome entier, de sorte que les gènes sont vraiment comme de petits îlots d'informations dans un vaste océan de séquences d'ADN non codant. La majeure partie de cet ADN non codant n'a pas de fonction claire que nous ayons identifiée. Toutefois, certaines de ses séquences participent à la régulation de l'expression des gènes, une tâche essentielle. Serait-ce dans cet ADN non codant des gènes que résident les différences entre espèces ? (...) La régulation modulaire des gènes qui détermine l'organisation des animaux a des conséquences notables sur l'évolution. En effet, les mutations dans les séquences cis-régulatrices permettent, en théorie, de changer sélectivement des caractères physiques individuels sans que les gènes eux-mêmes ou les protéines soient concernés. Récemment, des preuves directes ont montré que c'est souvent ainsi que sont survenus des changements évolutifs de l'anatomie des animaux. »³²⁰ Neil Shubin parle aussi de ces « interrupteurs génétiques »³²¹ qui mettent ou non les gènes en activité.

D'ores et déjà, nous voyons à travers l'analyse menée par Michel Delsol sur l'exemple des mutations, que le cas de ces mutations aléatoires conduit à une réflexion philosophique plus large sur la notion de hasard. Il est même tout à fait juste de dire que Michel Delsol approfondit la réalité du hasard et sa définition à partir précisément d'une réflexion sur les mutations qui en font comprendre la fonction. « Les mutations sont dues, par exemple, à la rencontre d'une molécule d'acide nucléique avec un rayonnement de diverses natures : avec un rayon cosmique ou avec un rayon X. La rencontre ne fait rien en soi ; ce qui agit, ce sont les propriétés des corps rencontrés, c'est-à-dire celles de l'acide nucléique d'un gène. Sous l'effet d'un rayon cosmique, il pourra se transformer et modifier la couleur de l'œil de l'animal porteur de cet œil. Mais il faut noter que cette nouvelle couleur était en puissance dans l'embryogenèse de l'œil. Le hasard ne l'a pas créée, il a utilisé une possibilité de l'embryogenèse et l'a fait apparaître à la place de la couleur précédente. On peut donc bien dire que le hasard, ou plus précisément le processus aléatoire, ne fait que mettre en place de nouvelles propriétés et lois, les deux mots étant synonymes. »³²²

Ce qui conduit ce penseur à affirmer qu'on peut discuter plus largement, en partant de cette réflexion sur les mutations, la thèse du hasard comme « seule source de nouveauté ».³²³ Il fait alors remarquer que le hasard « ne crée rien de neuf », parce qu'« il ne crée rien du tout »³²⁴, par définition. C'est seulement, « à la faveur du » hasard, pourrions-nous dire, que des formes

³²⁰ *Pour la science*, « L'évolution, rien ne l'arrête », 2009, p. 52.

³²¹ N. Shubin, (2009) p. 62.

³²² M. Delsol, (2007), p. 97.

³²³ J. Monod, (1970), p. 148.

³²⁴ M. Delsol, (1985), p. 195.

se créent et émergent mais, le hasard en tant que tel est un principe qui ne fait rien du tout. Il permet que des choses se fassent par la rencontre de deux séries de causes indépendantes. Comme l'explique Michel Delsol : « le hasard n'est qu'une rencontre, il ne fait rien par lui-même, il est l'occasion où les éléments qui se rencontrent peuvent faire quelque chose. »³²⁵ « Le hasard ne peut rien produire qui ne soit déjà en puissance dans les structures ou dans les objets sur lesquels il agit. Le hasard ne fait rien de neuf : il met en présence des éléments et cette rencontre peut aboutir à l'entrée en jeu d'une loi qui provoquera un phénomène. On n'insistera jamais assez sur le fait que le hasard ne crée rien : il provoque simplement l'entrée en jeu des lois, connues ou inconnues, de la nature. »³²⁶ Ces réflexions seront analysées et prolongées par notre étude, en deuxième partie, menée sur le caractère philosophique de cette notion de hasard.

L'évolution est considérée par Monod comme le fruit d'erreurs accidentelles ou dues aux facteurs mutagènes. Ainsi, on aboutit au résultat paradoxal suivant : l'information réputée se dégrader dans la transmission (par réplication) trouverait sa source dans cette erreur. Grassé prend l'exemple de livres recopiés dans une bibliothèque : « La bibliothèque ne fait pas l'information, elle la reçoit de l'extérieur, la classe et la conserve. Les moines médiévaux commettaient des fautes de copie qui altéraient, viciaient les textes qu'ils avaient pour tâche de reproduire. Qui oserait prétendre que leurs erreurs sont l'œuvre même ? »³²⁷

D'autres réflexions portent sur le caractère le plus souvent délétère des mutations. Des expériences tentent de pratiquer des essais de croisement pour observer en laboratoire des évolutions d'organes ou d'organismes ; les essais sur la drosophile en particulier sont très connus. Or, la mutagenèse obéit à des contraintes et reste très limitée. De multiples essais non concluants ont été pratiqués sur des plantes. Comme le signale en 2008, le professeur Maciej Giertych : « La plupart des laboratoires ferment leurs programmes de mutagenèse. Un très petit nombre de variétés utiles ont été ainsi obtenues, mais elles ne sont utiles que du point de vue de l'homme. Dans tous les cas, les plantes obtenues sont biologiquement plus pauvres et moins résistantes que leur souche non mutée. On sait bien que de nombreuses mutations sont délétères. Nous les craignons. Nous essayons de nous protéger nous-mêmes et de protéger les réserves génétiques sauvages des divers agents mutagènes. Nous avons limité les essais nucléaires, les expositions aux rayons X, à l'amiante. Une adaptation (...) n'apporte aucune information nouvelle qui ouvrirait la voie à de nouvelles fonctions ou à de nouveaux organes.

³²⁵ M. Delsol, (2007), p. 97

³²⁶ M. Delsol, (1985), p. 195.

³²⁷ P-P. Grassé, (1973) p. 369.

On ne peut trouver là aucun argument en faveur de la théorie de l'évolution »³²⁸, selon l'articulation mutations/sélection.

A ce propos, les organismes génétiquement modifiés par la technique de l'homme continuent de faire problème, d'un point de vue médical et sanitaire, car nous ne savons pas quelles répercussions leur ingestion peut provoquer sur l'organisme humain.

Il est également possible de discuter un problème, qui touche à une question tant physique que biologique : celui qui s'envisage au niveau de la loi de l'entropie. Si, comme l'explique Monod, les échanges de gènes par sexualité équivalent à une simple multiplication des expériences de mutations, ce phénomène n'est sans doute pas négligeable. Mais toutes ces combinaisons, où le hasard fait tout, sont soumises aux règles des systèmes matière-énergie ; si elles évoluent vers le plus probable, n'est-ce pas plutôt vers le désordre, le contraire de la vie ? La multiplicité des générations n'apporte-t-elle pas qu'une probabilité plus grande de perte d'information ? Sur ce point, Swyngedauw fait valoir la question non résolue de la qualité d'information, qui, selon lui, ne peut résulter de mutations aléatoires : « L'évolution dans une lignée s'accompagne obligatoirement de l'introduction d'informations dans l'ADN, sous forme de séquences supplémentaires. Or, les altérations naturelles de l'ADN résultent de mutations par erreurs de copie dans la réplication ou par radiolésions. Ces accidents strictement aléatoires n'ont aucune capacité d'information ».³²⁹

Il conviendrait de mieux distinguer des mutations dues au hasard de celles qui s'opéreraient « intelligemment », avec un net enrichissement d'une information qui n'était pas contenue dans le donné initial. On pourrait prendre les exemples de mutations d'organes adaptés au milieu environnant. Or, selon Pierre-Paul Grassé, on n'a jamais observé, par exemple, que des mutations aient entraîné quelque organe nouveau³³⁰ ; de là, il conclut dans *L'évolution du vivant* : « Affirmer que la vie, les êtres vivants sont nés par pur hasard et ont évolué de même est une supposition gratuite que nous estimons erronée et en désaccord avec les faits. »³³¹

Le problème n'est pas tant que l'on ne puisse pas reconnaître des mutations dues au hasard, puisque certes, dans les processus physico-chimiques, des mutations de ce type ont lieu, mais que toutes les mutations soient reconnues comme aléatoires, purement « accidentelles ». C'est sur ce point qu'il convient de réfléchir. Ne pourrait-on pas faire la distinction entre des

³²⁸ M. Giertych, « *Impact of research on race formation and mutations on the theory of evolution* », *Proceedings of the international Conference « A scientific Critique of Evolution »*, La Sapienza University, Rome, 3 nov. 2008.

³²⁹ J. Swyngedauw, (1990), p. 129.

³³⁰ PP. Grassé, (1973), p.

³³¹ PP. Grassé, (1973), p. 181.

mutations non significatives et des mutations chargées de sens, c'est-à-dire qui recèlent une capacité de nouvelle information ? On pourrait, pour illustrer cette distinction, se servir de l'analogie avec la bande magnétique sonore qui, par mutation due à l'usure destructrice, se détériore en faisant perdre de l'information, et l'enregistrement par un autre type de mutation, qui consisterait en une transmission constructive celle-là, en tant qu'elle intégrerait une nouvelle information.

Dans cette réflexion, intervient aussi la dimension temporelle. On peut effectivement s'interroger sur le lien entre la durée de vie de la terre et le nombre des mutations, pour voir si la durée de vie de la terre aurait pu effectivement permettre le nombre de mutations réalisées. En 1970, l'année de la publication de *HN*, François Jacob fait mention de ce problème dans *La logique du vivant*. En effet, cet argument semble devoir être pris en compte, y compris aux yeux de l'adepte pourtant du « bricolage ». François Jacob émet clairement ce facteur temps qui semble trop court pour avoir permis le résultat de l'organisation des organismes vivants au cours de l'évolution par mutations aléatoires. « Que l'évolution soit due exclusivement à une succession de micro-événements, à des mutations survenant chacune au hasard, le temps et l'arithmétique s'y opposent. »³³² Cette réflexion de Jacob n'est pas très connue et pourtant, elle revêt une réelle importance. Pour autant, Jacob ne conclut pas au théisme, mais toutefois, au vu de cette énigme, ne vire cependant pas à un athéisme sûr de ses conclusions.

À ce sujet, il est intéressant de voir que Darwin fut très sensible à l'argument que lui opposa Sir William Thompson, plus connu sous le nom de Lord Kelvin, quant à la possibilité même du déploiement de l'évolution, eu égard au temps depuis le refroidissement de la terre. On trouve cette controverse relatée dans l'ouvrage de Régis Ladous³³³. Sir William Thompson convient avec Darwin qu'on ne remonte pas à plus de cent millions d'années le refroidissement de la terre permettant l'apparition des plantes et des animaux. Celui-ci émet alors l'hypothèse que la terre est habitable depuis trop peu de temps pour que la sélection des variations aléatoires puisse expliquer l'anthropogénèse, même en tenant compte de la concurrence vitale. C'est donc pour adapter sa théorie à des données géologiques à l'époque embarrassantes que Darwin insiste de plus en plus sur des mécanismes capables de hâter le rythme de l'évolution : d'où le rôle qu'il concède à l'effet héréditaire de l'usage ou du non-usage.

Sur le rôle du hasard dans les mutations, G. Salet s'est livré à un calcul des probabilités de survenue de mutations convergentes : l'évaluation de la probabilité de survenue simultanée au

³³² F. Jacob, (1970), p. 329.

³³³ R. Ladous, (1984) p. 30.

hasard de mutations convergentes (toute innovation faisant nécessairement intervenir l'action conjuguée de plusieurs gènes) implique un calcul de probabilités composées. Pour une seule innovation, le nombre de mutations nécessaires excéderait de très loin le nombre de mutants, toutes espèces confondues, que notre planète aurait pu produire en deux milliards d'années (estimé par Salet à 10^{45}). D'où sa conclusion : « On ne peut échapper à un choix déchirant, ou nier que les mutations se produisent au hasard, ou nier la réalité de l'évolution progressive (innovatrice) ». ³³⁴ Mais cette évolution n'est jamais progressive en ce sens que, si les espèces se modifient parfois, jamais on n'a vu apparaître chez elles une fonction nouvelle. Or, ce que l'on appelle couramment « l'évolution », c'est une évolution progressive qui aurait fait sortir les millions d'espèces actuelles de quelque amibe primitive. « La théorie « mutation-sélection » peut-elle rendre compte d'une telle évolution progressive ? A priori, oui, mais sous la réserve que la durée de l'évolution qu'implique une telle théorie soit d'un ordre de grandeur compatible avec l'âge de la terre et du système solaire. C'est évidemment là une question capitale et je suis surpris que vous ne l'ayez ni examinée, ni même signalée. Vous affirmez que la complexification des êtres vivants était nécessaire sans vous demander si la durée des périodes géologiques a été suffisante pour cela. ». Il conclut alors ainsi : « En effet, en accordant une grande place au hasard, la théorie de la sélection naturelle suppose une très longue durée entre l'apparition de la vie et la formation de l'espèce humaine. Or, les périodes géologiques sont beaucoup trop courtes pour qu'aient pu se produire les modifications de l'ADN correspondant à l'apparition d'un organe nouveau. ³³⁵ »

Aussi, l'objection du temps au cours d'une évolution régie par le hasard est-elle à peser. On a pu en effet, alléguer, comme le montre la série d'arguments qui précèdent, qu'il faudrait une durée très largement supérieure à l'âge de la terre pour obtenir, par l'effet du hasard, le nombre extrêmement important de mutations conduisant à l'homme. En fait, on peut répondre en partie à cela car si ces arguments avaient un certain poids, c'était sans compter la rapidité avec laquelle des gènes découverts récemment s'orchestraient dans une très courte durée.

En effet, ce type d'arguments - invoquant la nécessité d'une durée excédant de beaucoup l'âge de la terre - serait de plus en plus réduit à néant, depuis la découverte des gènes de développement, notamment les gènes Hox. Cette découverte amorce une conception beaucoup plus rapide des changements dans les plans de structure que ce qui était envisagé par Salet ; découverte que Jacob ne mentionne pas non plus. Michel Morange fait une étude

³³⁴ G. Salet, (1972) p. 37

³³⁵ G. Salet, (1972) p. 12.

détaillée de ces gènes de développement dans l'ouvrage *La part des gènes*, auquel nous renvoyons.³³⁶

Une réflexion philosophique plus large, portant sur la notion de hasard s'impose, et nous y procéderons dans deuxième partie de notre étude, mais donnons ici les aperçus nécessaires pour saisir, dans le contexte scientifique où évolue Monod, le caractère aléatoire des mutations.

Si elles répondent à une loi de probabilité, la loi des grands nombres, elles pourraient relever d'un « hasard opérationnel », et pourtant Monod insiste sur le fait qu'elles relèvent toutes d'un « hasard essentiel ». En effet, le seul hasard essentiel tenable auquel Monod tient fermement, c'est celui de la rencontre entre les causes d'une altération dans l'ADN et les modifications fonctionnelles. Cette indépendance totale entre ADN et protéine est-elle bien prouvée, vu l'influence réciproque aussi des protéines sur l'ADN ? On pourrait imaginer que des étapes antérieures furent "gommées", alors qu'elles incluaient un processus direct et intelligible de cette mise en relation. Mais si l'on dit, comme en convient, par ailleurs, Monod, que le hasard à l'origine des mutations représente une imprévisibilité complète de l'événement isolé alors que l'on constate une certaine probabilité statistique quand on dispose de grands nombres, il s'agirait alors, semble-t-il, répétons-le, du seul hasard « opérationnel » au sens probabiliste plutôt que du hasard « essentiel » sur lequel il fonde pourtant uniquement les bases de l'évolution ; à ceci près que pour Monod, le calcul des probabilités s'effectue principalement sur des données *macroscopiques* - on a du mal à comprendre pourquoi - bien qu'il l'étende une phrase plus loin à « d'autres phénomènes »³³⁷. De même, dans le cas de la « loi générale » du hasard, - convenons-nous du caractère paradoxal de cette expression- , où, dans une séquence d'acides aminés, celui-ci est présenté comme produit des fréquences moyennes³³⁸ ; d'où l'idée de probabilité différente de l'idée de hasard essentiel appelé tel³³⁹, en tant qu'il désigne une coïncidence absolue définie selon la distinction classique donnée par Cournot, comme l'intersection de deux chaînes causales indépendantes, qui se trouvent dès lors distinguées d'un simple jeu de probabilités. Hasard essentiel ou hasard opérationnel, comme source possible de modification du texte génétique ? Toutes les mutations aléatoires relèvent bien, Monod le soutient, d'un hasard essentiel, de « l'imprévisible essentiel ».³⁴⁰ Quelles sont les

³³⁶ M. Morange (1999) pp. 111-121.

³³⁷ J. Monod, (1970) p. 148.

³³⁸ J. Monod, (1970) p. 127.

³³⁹ J. Monod, (1970) pp. 148-149.

³⁴⁰ J. Monod, (1970) p. 151.

sources dont s'inspire Monod ? Comment s'en démarque-t-il ou les adapte-t-il, de façon nouvelle, à la problématique la biologie moléculaire ?

La notion de hasard selon la définition d'Aristote reprise par Cournot, comme rencontre de séries causales indépendantes, émerge bien lorsqu'il discute de la relation entre « une erreur dans la réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles ». En effet, Aristote nommait déjà hasard la rencontre advenue par coïncidence de deux phénomènes étrangers l'un à l'autre.³⁴¹ Il distingue la fortune ή τυχη relevant de l'action pratique de l'homme et le hasard το αὐτόματον renvoyant à une notion plus mécanique de phénomène « qui se meut de soi-même », pour ainsi dire, « automatiquement » ou « spontanément ». « Dans le domaine des choses qui ont lieu absolument en vue de quelque fin, quand des choses ont lieu sans avoir en vue le résultat et en ayant leur cause finale hors de lui, alors nous parlons d'effets de hasard ; et d'effets de fortune, pour tous ceux des effets de hasard qui, appartenant au genre des choses susceptibles d'être choisies, atteignent les êtres capables de choix. »³⁴² Il convient d'ailleurs de se demander si ce qui est « spontané » pour Monod n'est pas aussi synonyme de hasard. Mais laissons l'interrogation sur cette « spontanéité », à reprendre dans le cadre d'une réflexion sur l'émergence. Revenons à Aristote. Ce dernier joue sur un rapprochement étymologique dont nous ne savons pas s'il est contestable ou non, philologiquement parlant, entre μάτον, signifiant « ce qui se meut », et μάτην, adverbe signifiant « en vain » : « Ainsi le hasard, pour s'en rapporter à son nom même, se produit quand la cause se produit par elle-même en vain. »³⁴³ Et il poursuit : « En effet, la chute d'une pierre n'a pas lieu en vue de frapper quelqu'un ; donc la pierre est tombée par effet de hasard, car autrement elle serait tombée du fait de quelqu'un et pour frapper. » L'exemple pris par Monod du marteau tombé par inadvertance sur la tête du docteur³⁴⁴ n'est pas loin de cet exemple aristotélicien. Aristote pensait les phénomènes dus à la fortune ou au hasard, comme rares, opposés à ce qui se passe la plupart du temps ως επι το πολύ. Cournot, quant à lui, parle de « séries indépendantes », c'est-à-dire qui se développent parallèlement ou consécutivement, sans avoir les unes sur les autres la moindre influence. L'exemple du couvreur laissant tomber une tuile sur la tête d'un passant et le tuant se trouve déjà chez Henri Poincaré, dans *Calcul des probabilités*, avec, quant à lui, pour but de montrer qu'un très petit changement des conditions initiales aurait pu changer totalement le cours de cette histoire et signale « cet ensemble de causes complexes que nous appelons le hasard. »³⁴⁵ Monod, quant à lui,

³⁴¹ Aristote, (1973) *Physique*, II, 6, 197b 20, p 73.

³⁴² Aristote, (1973) *Physique*, II, 197 b 19-23

³⁴³ Aristote, (1973) *Physique*, II, 197 b 29-30, p. 73.

³⁴⁴ J. Monod, (1970) p. 149.

³⁴⁵ H. Poincaré, (1912) p. 21.

distingue un hasard essentiel, rencontre de deux séries indépendantes, au sens d'Aristote et de Cournot, du hasard opérationnel lié au calcul des probabilités. Comme exemple de hasard essentiel, il cite dans cette page du chapitre 6 « Invariances et perturbations », le cas des « coïncidences absolues », c'est-à-dire, précise-t-il, « celles qui résultent de l'intersection de deux chaînes causales totalement indépendantes l'une de l'autre ». Or, il fait remarquer, sur le modèle de l'exemple du plombier qui fait inopinément tomber son marteau sur la tête du docteur,³⁴⁶ qu' « entre les événements qui peuvent provoquer ou permettre une erreur dans la réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles, il y a également indépendance totale. L'effet fonctionnel dépend de la structure, du rôle actuel de la protéine modifiée, des interactions qu'elle assure, des réactions qu'elle catalyse. Toutes choses qui n'ont rien à voir avec l'événement mutationnel lui-même, comme avec ses causes immédiates ou lointaines, et quelle que soit d'ailleurs la nature, déterministe ou non de ces causes. »³⁴⁷ Rappelons ici la question passionnée de Poincaré : « Comment oser parler des lois du hasard ? Le hasard n'est-il pas l'antithèse de toute loi ? »³⁴⁸ Dans *Calcul des probabilités*, Poincaré dit citer Bernard, et loin de reprendre cette question à son compte, la critique formellement. Cependant, cette question garde une forme de pertinence car le hasard est précisément imprévisible et dans cette tournure, nous voyons combien Monod cultive le goût des paradoxes.

De plus, à supposer que l'on refuse de rabattre le hasard essentiel sur le hasard opérationnel, on pourrait se demander si ce hasard essentiel est tenable, vu la solidarité cosmique de tous les éléments chimiques, régis selon certaines lois de la nature ? C'est précisément cette solidarité cosmique de l'univers que refusait Cournot, comme l'indique Francesca Merlin dans sa thèse.

Cela dit, malgré les différences soulignées par Ernest Schoffeniels dans *l'Anti-hasard*, faut-il dire avec Michel Delsol que les mutations se produisent bien par hasard et que les lois des grands nombres, avec le hasard pris ici au sens d'aléatoire répondant à des lois statistiques, s'appliquent bien dans les phénomènes de hasard que décrit Monod ?

En dehors de ce hasard « essentiel », nous avons effectivement affaire à des probabilités où la loi des grands nombres s'applique, loi de l'association des acides aminés, loi des mutations au sein d'une population précise. Alors pourquoi Monod insiste-t-il tant sur le rôle de ce hasard essentiel, d'autant qu'il envisage que puisse être remis en cause un jour le principe d'incertitude de la physique quantique ? En fin de compte, il faut sans doute suggérer ici que

³⁴⁶ J. Monod, (1970) p. 149.

³⁴⁷ J. Monod, (1970) p.149.

³⁴⁸ H. Poincaré, 1920 [1908] p. 64.

Monod théâtralise un peu, en quelque sorte, l'événement fortuit, totalement imprévisible, mais que cet accent paraît au bout du compte secondaire, non seulement parce que peu utilisable mais aussi parce que ce hasard, en ce qui concerne le vivant, est finalement réductible à des moyennes par le biais des lois statistiques. Il reste que dans la nature, il est vrai que tel cataclysme, telle chute de météores, tel accident cosmique (etc.), relève bien du domaine du hasard essentiel, et tous ces hasards peuvent avoir des répercussions très importantes sur l'ensemble de l'évolution du vivant. C'est en cela que la conception d'un « hasard essentiel » par Monod reste très précieuse et très novatrice.

Lorsque le biologiste décrit les changements de place des molécules des bases puriques et pyrimidiques des brins d'ADN, il pense avoir expliqué parfaitement la nature de la mutation en appliquant au phénomène étudié les lois de la physico-chimie. Cependant la perfection explicative selon le déterminisme de la physique classique est de moins en moins réalisable depuis les indéterminismes de Heisenberg ou le théorème de Gödel, et Monod le sait et le souligne. Autrement dit, le biologiste est satisfait lorsqu'il a expliqué les phénomènes grâce à la science physico-chimique qui pose elle-même plus de problèmes qu'elle n'en résout.

Que donnent certains calculs de probabilités concernant les mutations, qui en critiquent le caractère totalement aléatoire ?

Swyngedauw se livre à un calcul de probabilités donnant matière à réflexion qui lui permet de conclure que « le hasard n'a aucune chance de réaliser une longue série d'événements cohérents tels ceux qui ont conduit au système ADN-mitose-sexualité ». ³⁴⁹ Celui-ci suppose que la toute première séquence d'une structure d'ADN primitive ait comporté non pas quelques milliers, mais seulement 100 nucléotides suivant un arrangement défini. La probabilité pour que cet arrangement ait été obtenu par les simples fluctuations du hasard relève d'un calcul élémentaire. L'auteur propose de constituer ce modèle par tirages successifs parmi les quatre nucléotides standard (ils n'étaient sans doute au début que 2 ou 3, cela ne change rien au résultat). La probabilité d'obtenir le premier terme est de $\frac{1}{4}$, soit 0,25. Celle d'obtenir les deux premiers $(0,25)^2$. Pour la séquence de 100 nucléotides, elle est $(0,25)^{100}$, soit 10^{-60} , ce qui signifie une impossibilité absolue et cela pour une séquence ridiculement courte. Or, 1° la vie d'un être aussi rudimentaire qu'une bactérie ne comporte pas 100 nucléotides, mais plus de cinq millions, (nombre qui figure en exposant dans le calcul), 2° nous n'avons envisagé ici que le seul volet ADN du système ADN-Mitose, puisqu'il n'y a ni séparation des chromosomes, ni mitose chez les bactéries ; le montage par hasard du moteur

³⁴⁹ J. Swyngedauw, (1990) p.79.

mitotique est radicalement impossible. D'où il ressort qu'une *source permanente d'information* a obligatoirement inspiré la phase préliminaire, aussi bien que la totalité de l'évolution proprement dite. »³⁵⁰ Ce type de calcul semble faire ressortir que le hasard ne peut pas être invoqué pour expliquer l'ordre de la plus petite séquence de nucléotides. Que penser de cet argumentaire ? Et de celui qui suit faisant appel à l'argument du temps évoqué plus haut : « Pour extraire d'une roulette, coup par coup, sous-unité par sous-unité, chacune des quelques cent mille chaînes protéiques qui peuvent composer les corps d'un mammifère, il faut un temps qui excède, et de loin, la durée allouée au système solaire ». « La seule édification du système ADN-mitose du premier organisme vivant, si infime soit-il, vu les performances qu'impliquent sa croissance et son autoreproduction, ne peut résulter que de l'enchaînement d'une multiplicité de remaniements physico-chimiques structurants, strictement improbables ; or, quantitativement, ces improbabilités successives se multiplient l'une par l'autre, de sorte que la probabilité globale d'apparition de la première ébauche de vie par le hasard n'est pas faible : elle est nulle. C'est une impossibilité absolue. La constitution de l'ADN se prête à le démontrer par le calcul de probabilité donné plus haut ». ³⁵¹ Les transformations progressives d'une espèce en une autre, en général plus perfectionnée, sont accompagnées de remaniements dans l'ADN, et de l'introduction de séquences de plusieurs dizaines de milliers, voire de millions de nucléotides supplémentaires lorsque sont apparues des fonctions ou des organes nouveaux. Ainsi, pour le dire de façon familière et sans doute un peu rebattue, pour cet auteur, affirmer que le hasard a pu engendrer toute la complexité des êtres vivants équivaudrait à accepter la possibilité de gagner à la roulette des milliers de fois consécutives, ce qui est aberrant.

Un autre objet de débat, que nous n'avons fait qu'évoquer plus haut, est le suivant :

Si les mutations sont la règle, pourquoi relèvent-elles, selon Monod, du hasard essentiel, et non pas du hasard opérationnel relevant d'un calcul de probabilités, selon les calculs actuels traitant ce que l'on convient actuellement de nommer « l'expression stochastique des gènes » ? Les laboratoires de biologie parlent de plus en plus, effectivement, actuellement d'« expression "stochastique" des gènes. » La reprise de ce terme de « stochastique » remonte à Jacques Bernoulli prenant Platon à contre-pied en faisant de la stochastique un art directeur, là où Platon en faisait une sorte d'art mineur. « Il ne restera qu'à recourir à la stochastique, dit Platon dans *le Philèbe*, et à exercer ses sens par l'expérience et la routine, en y adjoignant ces facultés divinatoires auxquelles beaucoup de gens donnent le nom d'arts, lorsqu'elles ont

³⁵⁰ J. Swyngedauw, (1990) p.79.

³⁵¹ J. Swyngedauw, (1990) p.43-44.

acquis de la force par l'exercice et le travail »³⁵². Ainsi font partie pour Platon de la stochastique, l'art de la flûte, la médecine, l'agriculture et la cybernétique c'est-à-dire le pilotage, et l'art du général d'armée. Bernoulli utilise cette notion de stochastique dans l'*Ars conjectandi*³⁵³, désignant par-là, la science de calcul mathématique des probabilités et initiant par son célèbre théorème une géométrie du hasard. Ce terme, de l'étymologie grecque *stokastikos*, évoque l'habileté à conjecturer. Depuis, ce terme, désignant avec Bernoulli, l'art de savoir mesurer les probabilités, est devenu quasi synonyme d'aléatoire. Le calcul stochastique est devenu l'étude des phénomènes aléatoires dépendant du temps. Poincaré fait une allusion précise à ce processus stochastique d'évolution des molécules.³⁵⁴ Cette notion de conjecture rattache donc ce que l'on considère comme hasard à un calcul de probabilités.

Le laboratoire de biologie et de modélisation de la cellule, à l'ENS de Lyon, se place dans la perspective d'une physico-chimie variationnelle du vivant. Dans ce cadre, tous les phénomènes biologiques deviennent des phénomènes probabilistes.

Les données expérimentales actuelles sont en faveur d'une conception probabiliste et dynamique de tous les processus de différenciation et viennent mettre en évidence à présent « le hasard au cœur de la cellule », comme l'annonce le titre de l'ouvrage collectif,³⁵⁵ écrit sous la direction de Jean-Jacques Kupiec.

À l'aune des considérations précédentes, et, eu égard à certains facteurs encore inconnus ou mal connus, faisant l'objet de recherches actuelles, en particulier le rôle tenu par l'ADN non codant, l'on peut suggérer ici que tout changement dans la structure ne relève sans doute pas uniquement des mutations aléatoires des gènes. Des lois sont également en cours d'identification, régies, de façon peut-être plus ample encore, par une orchestration plus fine de l'ensemble du génome.

Cela dit, les mutations que l'on nomme aléatoires scientifiquement ne le sont peut-être pas, sur un plan métaphysique. Notre deuxième partie traitera les rapports possibles et les différences de point de vue qui, mettant les limites de chaque domaine, souligneront en quoi et pourquoi ce n'est pas à la biologie moléculaire de décider si oui ou non il y a présence, au cœur de la création, d'un esprit créateur.

³⁵² Platon, (1969) *Philèbe* 56 b, traduit par Chambry par conjecture, p. 355.

³⁵³ J. Bernoulli, (1713)

³⁵⁴ H. Poincaré (1961), p.92.

³⁵⁵ Sous la direction de J.J. Kupiec, O. Gandrillon, M. Morange, M. Silberstein, (2009).

Dans la pensée de Monod, la matière n'était pas inéluctablement destinée à faire naître la vie,³⁵⁶ position frontalement opposée en cela à la thèse bergsonienne ainsi qu'à celle de Prigogine, par exemple. Position contraire aussi aux tenants du principe anthropique depuis Carter en 1974, repris en Europe par Jacques Demaret et Dominique Lambert qui y ont consacré une étude complète.³⁵⁷ « L'univers n'était pas gros de la vie, ni la biosphère de l'homme. Notre numéro est sorti au jeu de Monte Carlo ». ³⁵⁸ Or, certains pensent tout au contraire qu'en fait, l'apparition de la vie et de l'homme n'est pas seulement improbable mais totalement impossible, si les mutations se font par hasard. C'est la conviction aussi de Trin Xuan Thuan, représentant la pensée de nombreux physiciens contemporains, tenants du principe anthropique fort ou faible. Des critiques sont portées à l'encontre de cet argument visant à dire que si l'homme n'était pas là, il ne serait pas là pour le justifier, et que rien ne nous dit qu'il n'y a pas eu quantité d'essais aléatoires infructueux, avant l'avènement de la combinaison génétique donnant naissance à l'homme. Il reste que cet argument continue de revêtir un certain poids.

Bref, peut-on réellement concevoir l'évolution comme simplement liée à une accumulation d'erreurs de copie de l'ADN, sélectionnées ensuite pour leur validité ? Certes, il convient de reconnaître le rôle des mutations aléatoires, sélectionnées par l'organisme lorsqu'elles sont avantageuses et qu'elles favorisent son adaptation au milieu. Partant de la métaphore « du bruit comme source de toutes les musiques de la biosphère »³⁵⁹, nous pouvons dire que si hasard et nécessité sont deux principes incontournables, il ne faut pas toutefois négliger qu'ils s'orchestrent au sein du tout de la nature en mouvement, qui, lui, recèle des lois qui favorisent, à la faveur de ces principes, mais aussi à la faveur de paramètres très précis d'ordre cosmologique, une orientation du simple vers le complexe.

En conclusion de cette discussion sur les mutations aléatoires, voici les grandes lignes de ce que l'on peut dégager à partir de toutes les questions soulevées.

La notion d'erreur de copie est entachée, de fait, d'une certaine connotation négative. Dans une autre perspective, si l'on consent à parler de copie non-conforme, on peut supposer également que celle-ci se fait selon une meilleure adaptation et de meilleures performances qui se trouvent sélectionnées. Imperfection ou magnifique maniement, en cours de déploiement, comme se déroulerait une symphonie grandiose, à partir des sept notes de musique ? La notion de système de remplacement, si l'on veut, resterait en tout état de causes,

³⁵⁶ J. Monod, (1970) p.185.

³⁵⁷ J. Demaret et D. Lambert, (1994).

³⁵⁸ J. Monod, (1970) p.185.

³⁵⁹ J. Monod, (1970) p. 155.

plus neutre que la notion d'erreur. Lorsque Monod envisage l'irréversibilité de tous les organismes, qui, selon une loi de complexification, se perfectionnent, on peut émettre l'hypothèse d'une évolution vers plus d'intelligence, plus de psychisme, plus d'esprit. D'ailleurs, cette hypothèse se trouve chez Monod qui voit déjà avec l'allostérie le passage vers plus d'autodétermination, plus de liberté du vivant. On pourrait donc abandonner cette notion d'erreur qui fait des phénomènes un phénomène de faute de frappe aveugle et arbitraire, pour instaurer cette notion de copie non conforme et pour se libérer de tout présumé qui barre la route à toute réflexion métaphysique, considérant la possible valeur d'un être intelligent, cause de l'être même du vivant.

Les arguments visant à nier le rôle des mutations aléatoires sont tous battus en brèche. Si certaines mutations sont effectivement délétères, d'autres sont neutres, et certaines sont réellement avantageuses. La considération des facteurs internes semblait à première vue faire rentrer en ligne de compte des données qui échapperaient au rôle des mutations aléatoires. Mais en fin de compte, nous voyons qu'en tant qu'ils relèvent ensuite de la sélection naturelle, ils se sont trouvés triés et admis selon un processus de cohérence interne tout au long de l'évolution. L'argument de la durée rendant impossible l'organisation des vivants tels que nous les connaissons par mutation aléatoire est totalement remis en cause, quant à lui, par la découverte des gènes de développement.

Cependant, le fait que les mutations relèvent de **la loi des grands nombres** vient remettre en question tout désordre dû au hasard essentiel : dans ses grandes lignes, le vivant présente une progression irréversible, et son ordre se constitue non pas au hasard, mais selon un hasard trié par la sélection naturelle, converti dès lors en nécessité. Ce qui est « indéterminé » n'est donc peut-être pas totalement aléatoire ou purement « stochastique », sauf à entendre que cette stochasticité relève, au sens de Bernoulli, d'un calcul de probabilités. Nous voyons qu'actuellement deux modèles s'opposent : celui selon lequel l'expression stochastique des gènes reste soumise à un programme de production de l'organisme, modèle auquel adhère Monod, et celui qui met la variation et les processus de hasard, à tous les niveaux du vivant, c'est-à-dire tant au niveau microscopique de l'expression de gènes qu'au niveau de la cellule.

Nous voyons que ces mutations aléatoires invitent à une réflexion plus large sur les notions philosophiques de hasard et de nécessité, ce qui va faire l'objet de la deuxième partie de notre étude.

De plus, cet ordre des vivants peut se voir confirmé et garanti métaphysiquement par sa cohérence avec les lois de la nature dont la présence mérite d'être interrogée.

b) La sélection naturelle

Seules demeurent les mutations capables de s'intégrer au tout de la nécessité.

La mutation fortuite va s'intégrer au tout de la nécessité à travers l'action médiatrice de la sélection naturelle, qui l'accepte ou la rejette si cette mutation conserve, renforce et enrichit la compatibilité de l'organisme vivant avec le tout. « Les seules mutations acceptables sont celles qui, à tout le moins, ne réduisent pas la cohérence de l'appareil téléonomique, mais plutôt le renforcent encore dans l'orientation déjà adoptée ou, et sans doute bien plus rarement, l'enrichissent de possibilités nouvelles. »³⁶⁰ L'évolution puise dans l'inépuisable source du hasard et tire du hasard ses orientations ascendantes. Nous allons voir maintenant comment « le hasard propose et la sélection dispose », c'est-à-dire comment, aux yeux de Monod, tout vivant résulte de mutations faites au hasard, triées ensuite par la sélection. En effet, fidèle à la théorie synthétique de l'évolution, Monod considère le hasard comme « une source inépuisable de richesse où puise la sélection »,³⁶¹ comme il l'écrit au chapitre 7 dont nous invitons le lecteur à lire le résumé du premier point portant sur le génome, mis en annexe.

Dans ce début de chapitre sur l'évolution de *HN*, Monod expose le fait que « la sélection opère *sur* les produits du hasard, et ne peut s'alimenter ailleurs ; mais elle opère dans un domaine d'exigences rigoureuses dont le hasard est banni. C'est de ces exigences, et non du hasard, que l'évolution a tiré ses orientations généralement ascendantes, ses conquêtes successives, l'épanouissement ordonné dont elle semble donner l'image. »³⁶²

Les critères qui permettent de parler de « sélection naturelle » sont définis différemment par Monod :

Monod adopte bien, d'une certaine manière, la thèse darwinienne selon laquelle dans la nature, la mort a un effet sélectif, par analogie avec la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs ; les individus qui présentent par hasard une variation favorable, morphologique et physiologique auraient plus de chances que les autres d'échapper à la destruction. Darwin fut influencé pour cette doctrine de la lutte pour l'existence par les analyses de Malthus, comme le mettent en lumière de nombreux auteurs dont Étienne Gilson.³⁶³ Il fut également influencé par Spencer pour qui l'évolution est le passage de l'homogène à l'hétérogène par dissipation de mouvement. Ce dernier fit observer à Darwin que l'expression « sélection naturelle » était

³⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 156.

³⁶¹ J. Monod, (1970) p. 161.

³⁶² J. Monod, (1970) p. 155.

³⁶³ E. Gilson, (1971), p. 126

équivoque en ce sens qu'elle invite à personnaliser la Nature et à l'imaginer comme choisissant à la manière d'un éleveur qui procède à des choix conscients. Spencer proposait à la place : la « survivance du plus apte ». La lutte pour survivre est en ce sens aussi un moyen *in fine* d'expliquer une auto-sélection sans sélectionneur. Cette « sélection naturelle » dont Darwin convient qu'elle reste une métaphore, sur le sens de laquelle on ne peut se tromper - qu'il s'agisse de *survival of the fittest*, ou d'*elimination of the unfit* - constamment en action, finit par avoir des effets sensibles sur des grands nombres de vivants et au bout de longues périodes de temps. C'est ainsi, comme le résume Cuénot que « la notion d'utilité ou d'avantage pour le vivant remplace l'intention dans la genèse de la finalité de fait ».³⁶⁴

Cependant, la conception de la sélection de Monod n'en reste pas à celle de Spencer ou même de Darwin. **Monod vise à promouvoir la nouvelle science de la génétique des populations, qui quantifie le renouvellement des générations, en calculant le taux différentiel de reproduction.** Il vise en cela à faire de cette notion une notion mesurable et quasi mathématique, et tend à rapprocher ainsi la biologie d'une science exacte. Il convient de souligner en ce sens et d'analyser les propos de Monod sur le « *struggle for life* » qui apportent clairement un nouveau point de vue sur ce sujet : « Certains évolutionnistes post-darwiniens ont eu tendance à propager, de la sélection naturelle, une idée appauvrie, naïvement féroce, celle de la pure et simple « lutte pour la vie », expression qui n'est pas de Darwin d'ailleurs, mais de Spencer. Les néo-darwiniens du début de ce siècle en ont proposé au contraire une conception bien plus riche, et montré, sur la base de théories quantitatives, que le facteur décisif de la sélection n'est pas la « lutte pour la vie » mais, au sein d'une espèce, le taux différentiel de reproduction. »³⁶⁵ Or, si cette conception d'une sélection comme « lutte pour la vie » n'est pas adoptée par Monod, il la considère néanmoins comme valable malheureusement dans le cas de la lutte intraspécifique humaine. Monod apporte effectivement une réserve quant au mode de sélection de l'espèce humaine à qui, hélas, peut se voir, seule, attribuée ce comportement de « *struggle for life* ». En effet, aux yeux de Monod, si « la lutte pour la vie » représente une idée appauvrie de la sélection naturelle pour l'évolution des vivants dans leur ensemble, cette attitude peut exprimer un caractère fondamental de la sélection pour l'espèce humaine. « Du fait de cette évolution, l'homme étendait sa domination sur l'univers sub-humain et souffrait moins des dangers qu'il recelait pour lui. La pression de la sélection qui avait guidé la première phase de l'évolution pouvait alors se relâcher, et en tout cas, prenait un autre caractère. Dominant désormais son environnement, l'homme n'avait plus devant soi d'adversaires sérieux que lui-même. La lutte intraspécifique directe, la lutte à

³⁶⁴ L. Cuénot, (1941), p. 91.

³⁶⁵ J. Monod, (1970) p. 156 et 204.

mort, devenait dès lors l'un des principaux facteurs de sélection dans l'espèce humaine (nous soulignons). Phénomène extrêmement rare dans l'évolution des animaux. De nos jours, la guerre intraspécifique, entre races ou groupes distincts, est inconnue dans les espèces animales. Chez les grands mammifères, même le combat singulier, fréquent entre les mâles, n'entraîne que rarement la mort du vaincu. Tous les spécialistes s'accordent à penser que la lutte directe, le « *struggle for life* » de Spencer, n'a joué qu'un rôle mineur dans l'évolution des espèces. Il n'en va pas de même pour l'homme. »³⁶⁶

Mise à part cette précision, de taille, certes, toujours est-il que « c'est à l'échelle macroscopique qu'opère la sélection. »³⁶⁷ On voit donc que « la pure sélection, opérant sur les éléments du comportement, aboutit au résultat que Lamarck voulait expliquer : le couplage étroit des adaptations anatomiques et des performances spécifiques ». ³⁶⁸ Par cette dernière observation, nous voyons que le facteur d'adaptation au milieu n'intervient absolument pas ici dans la sélection naturelle envisagée par Monod. Et pourtant, deux pages avant le passage qui vient d'être cité, Monod n'hésitait pas à reconnaître : « Disons que les « conditions initiales » de sélection que rencontre une mutation nouvelle comprennent à la fois, et de façon indissoluble, le milieu extérieur et l'ensemble des structures et performances de l'appareil téléonomique. »³⁶⁹

Pour résoudre cette difficulté, on peut considérer que les agents de la sélection naturelle sont à la fois internes et externes, mais qu'en fait, ces derniers agissent plus à titre de conditions que de causes véritables. Il existe de fait une tension chez Monod entre l'action interne des mutations, le rôle joué par le milieu extérieur et enfin le choix initial du comportement. Il y a chez Monod, comme chez Jacob, un refus du rôle du milieu pour expliquer l'évolution du vivant. Monod en reste au schéma « mutation/sélection ».

Tout d'abord, Monod revisite totalement cette notion en analysant d'une part, le phénomène de pression de sélection, selon les performances cybernétiques qui conviennent le mieux à l'ensemble des fonctions de l'organisme. La sélection conserve, renforce et enrichit. Voyons donc le rôle de la sélection sous ces trois aspects :

- **La sélection conserve :** Si les individus meurent depuis l'invention de la sexualité, les espèces perdurent souvent sur des durées très longues, et l'évolution provient de mutations avantageuses qui ont permis le développement d'organismes dont la complexité augmente, du fait que toutes les structures passent par le filtre téléonomique des performances les plus cohérentes avec le système le mieux adapté. Les organismes les plus performants se trouvent

³⁶⁶ J. Monod (1970), p. 204.

³⁶⁷ J. Monod (1970), p. 155.

³⁶⁸ J. Monod (1970), Ch. 7 « Evolution » p. 165

³⁶⁹ J. Monod (1970), p. 163.

alors renforcés dans leur développement, au gré de ces diverses mutations, dues tant aux mutations internes au code qu'à celles liées à la mixité des codes et à leurs multiples combinaisons possibles par le biais de la rencontre sexuée. Henri Buc commente cet appel à la pression de sélection en mentionnant que Monod « réfute les théories trop élémentaires qui voient dans la pression de sélection un simple phénomène d'élimination des moins adaptés dans un contexte donné. Pour lui, la pression de sélection ne dépend pas simplement des conditions extérieures, dont il n'a, de fait, rien à dire. La probabilité de dissémination d'un génome muté dans les générations futures dépend de façon tout aussi essentielle d'un autre facteur, l'impact qu'aura cette mutation spécifique sur les performances intrinsèques de tous les circuits de régulation opérant dans la descendance de l'organisme muté. »³⁷⁰ Monod en effet précise tout à fait sous quel angle « les données actuelles de la biologie contemporaines permettent d'éclaircir et de préciser encore la notion de sélection. »³⁷¹ « Nous avons, dit-il dans cette page notamment, de la puissance, de la complexité et de la cohérence du réseau cybernétique intracellulaire (même chez les organismes les plus simples) une idée assez claire, autrefois ignorée, qui nous permet, bien mieux qu'auparavant, de comprendre que toute « nouveauté », sous forme d'une altération de la structure d'une protéine, sera avant tout testée pour sa compatibilité avec l'ensemble d'un système déjà lié par d'innombrables asservissements qui commandent l'exécution du projet de l'organisme. Les seules mutations acceptables seront donc celles qui, à tout le moins, ne réduisent pas la cohérence de l'appareil téléonomique, mais plutôt le renforcent encore dans l'orientation déjà adoptée ou, et sans doute plus rarement l'enrichissent de possibilités nouvelles. »³⁷² Et il poursuit en précisant encore : « C'est l'appareil téléonomique, tel qu'il fonctionne lorsque s'exprime pour la première fois une mutation qui définit *les conditions initiales* essentielles de l'admission, temporaire ou définitive, ou du rejet de la tentative née du hasard. » L'avantage sélectif d'un système régulateur se fait jour au sein d'une véritable cybernétique interne. Dans ce cas, la mutation avantageuse renforce l'appareil téléonomique et se trouve donc préservée par cet appareil. L'étude de l'allostérie en particulier, que nous avons menée plus haut, a contribué à mettre en valeur le fait que « tout système régulateur a un avantage sélectif. »³⁷³

Ensuite, comme nous venons de le souligner, Monod n'omet entièrement ni le rôle du milieu extérieur ni celui de l'adaptation comportementale des organismes. Il considère aussi la pression de sélection orientée vers des performances toujours accrues de l'organisme considéré, en fonction de l'adaptation au milieu, en fonction des contraintes de niches

³⁷⁰ H. Buc, (2010) p. 161-162.

³⁷¹ J. Monod, (1970) p. 156.

³⁷² J. Monod, (1970) p. 156.

³⁷³ A. Lwoff et A. Ullmann (1980), p. 16.

écologiques (avec une réponse au niveau du comportement) ou de l'adaptation au désir ou à l'instinct sexuel dans la reproduction sexuée.

- **La sélection renforce** : Monod prend un premier exemple, un peu surprenant, pour illustrer son propos sur le perfectionnement continu des performances : celui, non pas de la disparition mais de la réduction d'un membre, à savoir l'exemple de l'évolution du sabot du cheval qui ne court plus que sur un doigt, à la suite de son comportement lié à la course en plaine pour fuir un prédateur.³⁷⁴ L'autre exemple parle, lui, d'enrichissement et non de suppression : ce sont les plus belles parures des oiseaux qui sont sélectionnées à travers le temps, sachant que leur désir sexuel se porte davantage vers les plus colorées.³⁷⁵

- **La sélection enrichit** : Monod évoque la formation du poumon chez le poisson et de la transformation du poisson en tétrapode.³⁷⁶ « Si les vertébrés tétrapodes sont apparus et ont pu donner le merveilleux épanouissement que représentent les Amphibiens, les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères, c'est à l'origine parce qu'un poisson a « choisi » d'aller explorer la terre où il ne pouvait cependant se déplacer qu'en sautillant maladroitement. »³⁷⁷ Monod considère dans ce cas que le choix initial de ce nouveau comportement est à l'origine de ce changement d'espèces. Il envisage en effet différents changements comme liés à une nouvelle invasion d'espaces écologiques, passage de la mer à la terre pour le poisson, à l'habitat dans les plaines, pour le cheval.

Discussion sur la sélection naturelle.

Dans la discussion sur la sélection naturelle qui va suivre, nous allons reconnaître dans un premier temps que cette hypothèse darwinienne de la sélection naturelle, ratifiée et complétée par Monod, est en voie d'être confirmée par les faits et plus particulièrement par les découvertes actuelles de fossiles, de plus en plus nombreux, indiquant, depuis les années 1990, des espèces intermédiaires. Nous montrerons que la plupart des objections qui s'étaient faites jour, sont actuellement battues en brèche par les découvertes les plus récentes. Dans un second temps, nous mettrons cependant en relief certains problèmes qui demeurent : les uns sont d'ordre strictement scientifique : hésitation encore entre les deux modèles du gradualisme et du staltationnisme pour la formation des espèces ; le fait qu'au niveau chimique, on puisse parler de sélection naturelle, ce qui reste à démontrer, compte tenu de l'énigme que représente l'ADN. Un problème d'une autre nature encore consisterait à se demander pourquoi la matière présente de telles propriétés que des hasards puissent la faire

³⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 164.

³⁷⁵ J. Monod, (1970) p. 165.

³⁷⁶ J. Monod, (1970) pp. 163-164

³⁷⁷ J. Monod, (1970) p. 164.

évoluer dans toutes les directions que prennent les êtres vivants. Or, ce problème est, comme nous le soulignerons, de nature proprement métaphysique.

Dans l'ensemble, les vues de Monod sont assez bien confirmées presque cinquante ans plus tard, même si elles se trouvent enrichies d'éléments d'analyse nouveaux.

La sélection naturelle constitue certainement l'apport essentiel du darwinisme. En effet, chez Darwin, on ne peut séparer *descent* et *natural selection* : la sélection naturelle est la cause de la descendance d'une espèce à partir d'une autre, au sens de la négation de la « création » séparée d'espèces distinctes. Mais Darwin est loin de lui accorder le rôle exclusif qu'elle occupera dans le néodarwinisme de Weismann ou dans la théorie synthétique de Huxley, Simpson, Mayr, Haldane, et Dobzhansky. En effet, Darwin admet encore, pour une part, certes modeste, mais bien réelle, l'adaptation au milieu du vivant et le rôle de l'habitude.

La théorie synthétique, qui devient aussi celle de Monod, soutient précisément au contraire que la bonne hypothèse pour expliquer l'évolution ne repose que sur une modification déclenchée par le hasard qui est ensuite triée par la sélection. De plus, la théorie synthétique oppose à l'unité contradictoire et dynamique de l'hérédité et du milieu la théorie du gène considéré comme un déterminant immuable entre deux mutations aléatoires. « Une fois inscrit dans la structure de l'ADN, l'accident singulier et comme tel imprévisible va être répliqué et traduit, c'est-à-dire multiplié et transposé à des millions ou milliards d'exemplaires. »³⁷⁸ Certes, la sélection naturelle permet de trier le vivant qui sera le plus apte à vivre et à se multiplier. Mais encore faut-il que ce type de vivant lui soit proposé.

Des contestations face à cette théorie ont eu lieu, en raison de divers types d'objections, dont la plupart sont réglées, à l'aide des nouvelles avancées.

Face à cette conception, la position de Cuénot, réfléchissant sur cette idée de sélection naturelle comme survivance du plus apte, est très tranchée, voire radicale. C'est en effet sur la contestation de la fonction de la sélection naturelle que Cuénot se fonde pour rejeter le darwinisme : « Aujourd'hui, dit-il, le darwinisme n'est plus admissible... Qu'il me suffise de dire que sa chaîne logique a été définitivement brisée lorsqu'on reconnaît que la mort n'avait pas cette fonction de triage qui est la clé de voûte du système. »³⁷⁹ La mort est présentée ici comme la seule issue possible entre deux espèces ou deux organismes qui luttent entre eux jusqu'à éviction du plus faible par le plus fort, ou encore comme l'aboutissement de la non

³⁷⁸ J. Monod, (1970) p. 155.

³⁷⁹ L. Cuénot, (1974) pp. 100-101.

viabilité d'une espèce ou d'un organisme en raison de la faiblesse de ses propres modalités ou d'une inadaptation au milieu.

Cuénot poursuit sa critique en avançant un second argument en défaveur de l'explication de la formation des êtres vivants par la sélection naturelle : « Même si la sélection darwinienne existait, elle ne saurait expliquer la genèse graduelle des organes sur le modèle des outils humains ; en effet, les étapes du début ne pourraient donner prise à la sélection, l'organe total fonctionnel n'étant pas encore formé. » Comme le fait déjà remarquer Cuénot, « le problème de base de l'évolution est uniquement de savoir comment une espèce autonome peut sortir d'une autre espèce autonome préexistante. »³⁸⁰ Ici entre en débat le problème de l'antériorité ou non de l'organe sur la fonction. Cuénot fait remarquer que le mutationnisme peut affirmer que l'organe est nécessairement apparu avant la fonction (ainsi, la plume puis l'aile sont antérieures au vol), et que dans l'échelle du temps, la forme dépasse la fonction aux deux extrémités des séries ; elle la précède : c'est la préadaptation ; elle lui survit : c'est l'organe atélique ou vestigial.³⁸¹ On peut s'interroger sur le fait que la nature fasse surgir ou « invente » des outils d'adaptation morphologique précise, ainsi que des rapports de convenance, comme celui, par exemple, de la palmure et de l'eau.

On peut faire valoir ici une autre critique de la conception de la sélection naturelle, dont les arguments sont un peu plus corrélés à des résultats récents que ceux de Cuénot : celle de Swyngedauw.

Swyngedauw affirme que « la soi-disant sélection naturelle ne sélectionne rien du tout, en ce sens qu'elle laisse vivre ce qui est viable, et "constate", si l'on peut dire, la disparition de ce qui ne l'est pas. Comment agirait-elle autrement ? Elle est purement passive. »³⁸² À propos de cette objection selon laquelle la sélection naturelle en tant que survivance du plus apte reposerait sur une tautologie, la remarque de Paul Clavier y répond, en montrant que le problème disparaît tout simplement car : « si la sélection naturelle repose sur une tautologie, », dit-il, « elle n'en est que plus solide ! »³⁸³ Il reste que si la sélection naturelle s'exerce sur des organes préexistants, peut-elle expliquer l'apparition de ces organes ? Darwin y ajoutait l'hérédité des caractères acquis ; mais depuis 1892, avec la découverte de Weismann, cette hypothèse est rejetée. On peut encore de nos jours discuter de savoir si cette évolution s'est réalisée selon le gradualisme envisagé par Darwin ou selon le staltationnisme,

³⁸⁰ L. Cuénot, (1974) p. 412.

³⁸¹ L. Cuénot, (1974) p.110.

³⁸² J. Swyngedauw, (1990), p. 123.

³⁸³ P. Clavier, (2012), p.24.

qui explique l'apparition de nouvelles espèces par sauts brusques, théorie soutenue par S. J. Gould, dont nous allons parler sur un exemple, dans ce qui suit ; il reste que scientifiquement parlant cette évolution paraît incontestable et que ces conclusions sont rendues possibles par la nouvelle science de l'hérédité.

En effet, face à ces mises en question, Monod répond en quelque sorte par avance :

Monod tente d'expliquer le passage d'organes nouveaux survenus au cours de l'évolution. Nous avons déjà évoqué ce qui nous semblait être la pauvreté de l'exemple pris par Monod en ce qui concerne l'évolution, ayant choisi de citer une réduction d'organe plutôt qu'un développement : l'exemple de l'atrophie de l'orteil du cheval. « C'est parce que les ancêtres du cheval avaient tôt choisi de vivre dans la plaine et de fuir à l'approche d'un prédateur (plutôt que de tenter de se défendre ou de se cacher) que l'espèce moderne, à la suite d'une longue évolution comprenant de multiples stades de réduction, marche aujourd'hui sur le bout d'un seul doigt. »³⁸⁴ Or, il est intéressant de voir cet exemple des sabots du cheval rebondir avec l'étude de J. S. Gould dans *Quand les poules auront des dents*. Cet auteur se fonde sur l'étude, en particulier, des atavismes pour asseoir la thèse staltationniste qui vise à reconnaître que « certains types de changements génétiques peuvent avoir des effets majeurs et discontinus sur la morphologie. »³⁸⁵ Gould constate non seulement que le cheval moderne représente le point-limite de l'évolution en matière de réduction des doigts, qu'il « n'a plus qu'un seul doigt, le troisième sur les cinq qu'il comptait à l'origine, mais qu'il garde également des vestiges des deuxième et quatrième doigts sous la forme de petites plaques osseuses situées nettement au-dessus du sabot et peu visibles. »³⁸⁶ Il en déduit que « son ancêtre lointain possédait de toute évidence l'assortiment à 5 doigts à chaque pied. »³⁸⁷ Selon l'éclairage de Gould, « la remise en question actuelle des théories gradualistes classiques des transitions de l'évolution ne trouvera à s'enraciner que si les systèmes génétiques contiennent une capacité coextensive et cachée d'exprimer les petits changements sous la forme de conséquences importantes. Les atavismes fournissent la preuve la plus frappante que je connaisse de ce principe. Si les systèmes génétiques étaient des lots d'articles indépendants dont chacun serait responsable de la construction d'un seul élément de l'organisme, le changement évolutionniste ne pourrait se faire que morceau par morceau. Mais les systèmes génétiques sont les produits intégrés de l'histoire d'un organisme et ils conservent des capacités extensives et latentes qui peuvent souvent être activés par de petits changements. Les chevaux n'ont jamais perdu l'information génétique qui leur permet de produire des doigts latéraux, même si leurs ancêtres ont opté

³⁸⁴ J. Monod (1970), p. 164.

³⁸⁵ S. J. Gould, (1983), p. 197.

³⁸⁶ S. J. Gould, (1983), pp. 193-194.

³⁸⁷ S. J. Gould, (1983), p. 193.

pour un doigt unique, il y a plusieurs millions d'années. [...] Les atavismes reflètent la capacité énorme et latente des systèmes génétiques, et non pas essentiellement les contraintes et limites imposées par le passé d'un organisme. »³⁸⁸ Il poursuit, annonçant par là le rôle essentiel des gènes régulateurs de développement : « Nous ne pouvons faire aucune traduction univoque entre l'étendue de changement génétique et le degré de modification qui intervient dans la forme externe. Les gènes ne sont pas fixés à des sections indépendantes de l'organisme dont chacune serait chargée de construire un petit quelque chose de bien précis. Les systèmes génétiques sont ordonnés hiérarchiquement ; les mécanismes d'enclenchement et de contrôle mettent souvent en mouvement de vastes blocs de gène. De petits changements, du moment où se déclenchent ces mécanismes, se traduisent souvent par des modifications importantes et discontinues des formes externes. Les plus spectaculaires sont ce qu'on appelle les mutants homéotiques. »³⁸⁹

Cette même vue des choses s'applique également pour expliquer les changements d'espèces et leur évolution. Le passage des poissons aux tétrapodes dans le passage de la vie aquatique à la vie terrestre s'accompagne de nombreuses modifications organiques : celle de l'appareil respiratoire, celle du dégagement du cou, celle de la poussée de quatre membres capables de « faire des pompes », puis de marcher à quatre pattes comme le font les mammifères, avant de se redresser jusqu'à la position debout des bipèdes. Suivant l'expression de Monod à ne pas prendre, bien sûr, au pied de la lettre, ce passage serait dû à la décision « d'un poisson primitif qui a « choisi » d'aller explorer la terre où il ne pouvait cependant se déplacer qu'en sautillant maladroitement. Il créait ainsi, comme conséquence d'une modification de comportement, la pression de sélection qui devait développer les membres puissants des tétrapodes. »³⁹⁰ Et c'est à ce « Magellan de l'Évolution » que nous devons le « merveilleux épanouissement que représentent les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. »³⁹¹ La rhétorique sans doute un peu imagée ici de Monod signale tout de même un fait scientifique qui s'est avéré bien réel ; on pense à l'heure actuelle selon la thèse d'Yves Coppens, que c'est plus la mer qui s'est retirée - qui serait à l'origine du passage des poissons du monde aquatique, puis amphibiens, au mode terrestre des tétrapodes - plutôt qu'un poisson qui serait sorti de l'eau. Une autre hypothèse s'interrogeant sur la raison de la sortie des poissons des eaux fait valoir qu'ils échappaient ainsi aux prédateurs. C'est ainsi que s'exprime en ce sens Neil Shubin : « Qu'est-ce qui a pris aux poissons de vouloir sortir de l'eau, ou même d'en occuper la marge ? Qu'on y songe : chacun des poissons peuplant ces cours d'eau il y a 375 millions d'années était

³⁸⁸ S. J. Gould, (1983), p. 198.

³⁸⁹ S. J. Gould, (1983), p. 197.

³⁹⁰ J. Monod, (1970) p. 164.

³⁹¹ J. Monod, (1970) Ch. 7 « L'évolution » pp. 163-164.

un prédateur d'un genre ou d'un autre... On peut dire sans exagération que, dans cet univers-là, le poisson était un loup pour le poisson : on pouvait se doter d'une grosse, vraiment grosse armure, ou alors sortir de l'eau. Il semble que notre ancêtre éloigné ait choisi d'éviter le combat. »³⁹² On possède également les études de Michael Coates et Jennifer Clack, tout aussi sérieuses, relatées par Miller : « Bien qu'*Acanthostega*, de la fin du Dévonien, soit l'un des tout premiers véritables amphibiens, ses épaules et ses membres antérieurs sont indéniablement proches d'un poisson, et son crâne est très similaire à celui des sarcoptérygiens du Dévonien. En 1991, ces chercheurs ont en effet découvert un stupéfiant témoignage de ces origines primitives des amphibiens, un spécimen fossile d'*Acanthostega* dans lequel les branchies internes étaient conservées. Nos chercheurs n'hésitèrent pas à montrer l'importance de cette caractéristique : « la conservation de branchies internes semblables à celles d'un poisson par un tétrapode du Dévonien brouille la traditionnelle distinction entre les tétrapodes et les poissons. »³⁹³ Kenneth Miller réétudie ce cas plus loin : « Aucun autre amphibien n'en possède, et à voir les structures conservées à l'intérieur du fossile, il était clair qu'*Acanthostega* pouvait respirer sous l'eau avec ses branchies, comme un poisson, et qu'il pouvait aussi respirer sur la terre ferme, avec ses poumons. C'était une vraie forme transitionnelle. Comme l'évolution l'aurait prévu, le premier tétrapode de type amphibien était plus proche du poisson que tous les tétrapodes à suivre. »³⁹⁴ En 1998, Shubin découvrit une nageoire fossilisée si bien conservée qu'on voyait ses parties molles par-dessus les contours de son squelette osseux. La nageoire comprenait huit empreintes bien définies et reconnaissables. Ce poisson avait une nageoire avec huit doigts, exactement comme les membres des premiers tétrapodes. »³⁹⁵

Ce qui lui permet d'affirmer : « Si l'apparition d'amphibiens dotés de caractéristiques de poisson était un élément isolé dans l'histoire de la vie, on pourrait n'accorder que peu d'importance à ce détail, mais ce n'est pas le cas. Les premiers reptiles à apparaître dans l'enregistrement fossile ressemblent plus à des amphibiens que n'importe lequel des fossiles à venir. Les premiers mammifères possèdent un certain nombre de traits reptiliens si prononcés qu'on en parle généralement comme des mammifères reptiliens. Les premiers oiseaux sont si semblables à un autre groupe de reptiles que certains paléontologues ont proposé que ces oiseaux soient classifiés comme un sous-groupe des dinosaures. Nous disposons d'un nombre toujours plus important d'exemples où l'apparition d'une espèce nouvelle peut être

³⁹² N. Shubin, (2009) p.53-54.

³⁹³ M.I. Coates et J.A. Clack, « *Fish like Gills and Breathing in the Earliest Know Tetrapod* », in *Nature*, n°352, 1991. pp.234-236. Et Miller (2009) p.61.

³⁹⁴ K.R. Miller, (2009) p. 160.

³⁹⁵ K.R. Miller, (2009), p. 161.

directement liée à une espèce similaire l'ayant précédée. Ce modèle de changement fut nommé par Darwin judicieusement non pas « évolution » mais « descendance avec modification »³⁹⁶

Ainsi, l'on peut conclure que le recul des océans aurait favorisé le déplacement des poissons sur la terre ferme et que tout aussi bien ceux-ci devaient s'échapper de peur de se faire dévorer. Le résultat est le même : un phénomène d'adaptation ayant initié des changements dans la morphologie des poissons jusqu'à l'apparition des tétrapodes.

En fait, il faut envisager sans doute également la pression de facteurs internes, et non pas seulement externes, comme l'envisage Monod dans le contexte de cette analyse. En effet, ce poisson pouvait-il créer à lui tout seul une « pression de sélection » par son comportement ou bien ne fallait-il pas une anticipation de la formation de l'organe avant de pouvoir rejoindre le milieu terrestre ? En ce sens, on a mis au jour le processus qui a converti une vessie natatoire en poumon.³⁹⁷ Suivant la précision de Chaline³⁹⁸, « l'apparition du poumon était une potentialité de respirer l'air en dehors du milieu aquatique, une adaptation, c'est-à-dire une fonction potentielle utilisable si les conditions de l'environnement l'imposaient. »³⁹⁹ Grassé envisage des facteurs internes⁴⁰⁰ qui tendent à faire envisager l'hypothèse d'une « loi vectorielle », ce que Teilhard nomme aussi « orthogénèse. » Mais, de plus en plus, on est conduit à penser que ces facteurs internes sont gouvernés, ou tout au moins explicables, par la biochimie moléculaire : la transformation des séquences introns en exons expliquerait l'apparition en ordre de marche, même imparfait d'un organe ou d'une fonction complexe, dans un contexte déterminé. Les gènes de développement découverts récemment viennent également éclairer ces processus.

Ces vues cependant ne doivent pas occulter certains problèmes qui demeurent.

Est-ce alors bien certain que ce vivant soit uniquement le fruit du hasard qui propose, selon une combinaison possible, le plus apte ? Si la sélection naturelle joue effectivement bien un rôle, il faut bien reconnaître qu'elle s'appuie sur un donné qu'elle n'a pas produit elle-même. Faut-il convenir que le hasard seul le lui ait mis à sa disposition ? Cette question est, bien entendu, externe à la théorie synthétique de l'évolution. Ce qui est certain, c'est que ces formes candidates à la survie existent. De quel concept de hasard parle-t-on et qu'engage-t-on comme type d'explication, pour en parler ? La notion de hasard est-elle strictement scientifique ici ? Autrement dit, cette question est-elle interne ou externe à la théorie synthétique de

³⁹⁶ C. Darwin, (2009) [1859], p. 141.

³⁹⁷ J. Swyngedauw, (1990) p. 131.

³⁹⁸ J. Chaline et P. Grou, (2000) p. 148.

³⁹⁹ J. Chaline et P. Grou, (2000) p.148.

⁴⁰⁰ P-P Grassé, (1973), p.356.

l'évolution ? C'est cette problématique fondamentale dont nous traiterons en seconde partie de notre travail. Dans certains cas, Monod semble reconnaître que l'explication génétique n'explique pas tout le développement épigénétique. L'analyse de l'apparition du langage articulé chez l'homme et son effet sur le développement du cortex humain pourrait en être une illustration, comme la suite du chapitre 7 l'explique.

Enfin, un autre argument met en cause le rôle de la sélection naturelle dans le processus à l'origine de la formation de l'ADN. En effet, la sélection naturelle ne fonctionne pas dans le cas des éléments chimiques. Quand bien même la sélection naturelle fonctionnerait au niveau de l'évolution biologique, au niveau de l'évolution chimique, qui explique l'origine de la vie à partir des éléments chimiques, la sélection ne peut s'appliquer. Comme le dit Théodosius Dobzhanski : « La sélection naturelle prébiologique est une contradiction en soi. »⁴⁰¹. Les darwinistes posent, pour que la sélection naturelle fonctionne, un organisme qui s'auto-reproduit. Les organismes se reproduisent, leurs descendants connaissent des variations, les spécimens les mieux adaptés à leur environnement survivent mieux et conservent et transmettent ces adaptations aux générations suivantes. Cependant dès qu'il y a reproduction, il y a division cellulaire. Et cela suppose l'existence d'un ADN riche en information et de protéines. Or ce sont précisément ces éléments dont les darwiniens essaient d'expliquer la présence.

Un dernier problème est de savoir si les variations intra-spécifiques incontestables peuvent également permettre d'envisager une gradualité inter-espèces, ou si celle-ci est totalement improbable voire impossible. Le problème est de savoir si cette gradualité ou tout système évolutif par sauts brusques est un fait, ou si cette notion échappe encore actuellement à toute vérification. Autrement dit, toute la question est de savoir si la microévolution qui opère de multiples variations au sein d'une même espèce s'opère ou non également dans le champ de la macroévolution, c'est-à-dire dans le champ d'un hypothétique passage graduel d'une espèce à une autre. La théorie par mutations/sélection règle ce problème très facilement en pensant une gradualité et un changement d'espèces selon des transitions repérables, de façon progressive et continue.

De fait, avec encore actuellement ces zones d'ombre non-encore élucidées, cette conception variation /sélection ne pose pas de problème scientifique majeur. Cependant, elle pose un problème métaphysique à interroger. Ce qui pose problème n'est pas le fait que le hasard joue un rôle dans l'évolution mais, et nous le soulignons, c'est que la matière possède des propriétés telles que des hasards puissent faire apparaître ces propriétés. Le cœur du

⁴⁰¹ S. W. Fox, *The Origins of Prebiological Systems and of their Molecular Matrices*, New York, Academic Press, (1965), p.309-315.

problème se trouve certainement ici, mais nous voyons bien que cette question est d'ordre métaphysique et que ce n'est pas la science qui peut y répondre. La considération d'une matière orientée vers telle ou telle potentialité ne peut relever, semble-t-il, que du champ de la métaphysique, car précisément le postulat d'objectivité ne peut permettre de la poser dans le domaine scientifique.

Ce qui, d'ailleurs, rejoint l'observation de Philippe L'Héritier qui dans son *Traité de génétique* souligne que « ce qui est étonnant, c'est que la matière vivante ait possédé en puissance ces étonnantes propriétés. » L'Héritier conclut en effet à propos de la sélection : « La sélection n'a en somme rien créé, mais n'a fait que choisir, parmi l'infinité des possibles, la chaîne ramifiée des êtres qui effectivement se sont réalisés. Ce qui est beaucoup plus surprenant, c'est que la matière vivante ait possédé en puissance ces étonnantes possibilités. »⁴⁰² Cependant, cet étonnement est proprement métaphysique et ne relève pas d'un constat scientifique et nous tenterons d'établir solidement pourquoi, en seconde partie. La sélection naturelle est donc une hypothèse qui est de nos jours de plus en plus confirmée. Le passage graduel d'une espèce à l'autre en particulier semble de plus en plus plausible au vu des récentes découvertes de fossiles à partir des années 1990, avec 2004 qui est la date marquant la découverte d'un poisson batracien, le Tiktaalik, découvert par Neil Shubin et son équipe. De plus, des facteurs internes, eux-mêmes soumis à la sélection naturelle, en particulier la transformation des introns en exons et les gènes de développement viennent éclairer le processus.

Cependant certains problèmes demeurent : le problème de savoir quelle thèse est la plus solide entre celle de la gradualité complète ou celle de Gould par sauts brusques. Ce point n'est pas encore totalement élucidé. Par ailleurs, la sélection naturelle n'est pas totalement encore explicative au niveau de l'évolution chimique : il faut, au départ de l'évolution, un ADN riche en information. Cela nous renvoie à la question que Monod signale comme l'énigme la plus ardue en biologie : l'élucidation de l'origine de l'ADN. Enfin, demeure la question qui consiste à se demander pourquoi la matière est ainsi faite qu'elle permet, sous l'effet du hasard et des contraintes, l'émergence de telles propriétés.

Conclusions sur la théorie mutations/sélection :

Quoi qu'il en soit de la réponse face à ces difficultés, Monod intitule son ouvrage « *Le hasard et la nécessité* », car, si l'évolution opère dans un domaine où le hasard est banni, le hasard, lui, opère bien en amont de toute évolution : « La sélection opère sur les produits du hasard, et ne peut s'alimenter ailleurs ; mais elle opère dans un domaine d'exigences rigoureuses dont le

⁴⁰² P. L'Héritier, (1975) p. 95.

hasard est banni. C'est de ces exigences, et non du hasard que l'évolution a tiré ses orientations généralement ascendantes, ses conquêtes successives, l'épanouissement ordonné dont elle semble donner l'image. »⁴⁰³ La sélection s'alimente sur le hasard au sens où elle puise, à travers les différentes mutations des organismes, un nouveau potentiel qui favorise une nouvelle construction du vivant. Cette construction passe par le « filtre téléonomique » qui opère un tri qui conserve ce qui est viable et avantageux et qui rejette ce qui est désavantageux, comme impropre à la reproduction. En effet, la sélection qui opère à l'échelle des organismes, du monde macroscopique, relève bien de la nécessité, comme l'écrit Monod, tout en assignant au domaine du hasard le domaine microscopique : « le règne du pur hasard est celui du monde microscopique. »⁴⁰⁴ De là, la signification de l'intitulé de l'ouvrage, qui n'attribue pas de hasard au fait de l'évolution proprement dite, même si finalement, sous le prisme de la biochimie moléculaire, celle-ci se trouve tout de même, en définitive, bien régie par le hasard. Pour articuler la relation mutations aléatoire/sélection, comme nous l'avons signalé au début de cette présentation, on peut dire que le hasard propose, et que la sélection dispose, en effectuant un tri. Ainsi, toute la démonstration vise à rendre compte de l'évolution uniquement par le hasard des mutations soumis lui-même à la nécessité de la sélection naturelle, avec cette différence donc que le hasard agit à l'échelle microscopique tandis que la nécessité de la sélection opère à l'échelle de l'organisme, c'est-à-dire à l'échelle macroscopique.

Penser l'unique articulation mutation/sélection devient la ligne directrice que suit très précisément Monod. Différents représentants de la théorie scientifique de l'évolution émettent davantage de nuances, en invoquant particulièrement les facteurs liés au milieu. Cette ligne directrice, suivie par l'ensemble, à quelques nuances près, des représentants de la théorie synthétique de l'évolution, avec pour fondement la théorie darwinienne, semble confirmée de plus en plus par les faits. Qu'on soit gradualiste, comme Darwin ou staltationniste, avec Gould, il est bien reconnu actuellement que les chaînons manquants d'espèces intermédiaires manquent de moins en moins.

Monod en reste au schéma darwinien mutation/sélection. Lwoff n'adhère pas aux conclusions de Monod. Selon Jacob, Monod n'a pas cerné l'événement de l'adaptation ou de l'historicité. Michel Delsol va jusqu'à contester cette tension entre hasard et nécessité qui selon lui n'existe pas. Il nous rappelle que Monod suggère en effet l'opposition hasard-ordre en évoquant le résultat heureux des mutations. À propos des lignes « Hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en ordre, règle, nécessité », Michel Delsol

⁴⁰³ J. Monod, (1970) p. 155.

⁴⁰⁴ J. Monod, (1970) p. 155.

dénonce un véritable « laisser-aller littéraire. » En effet, il conteste le fait que le hasard puisse précisément être converti en « ordre, règle et nécessité » car ces deux notions de hasard et de nécessité ne sont ni opposables ni encore moins transformables l'une en l'autre, si du moins c'est bien la définition du hasard de Cournot que Monod a choisie. Ainsi, celui-ci n'aurait-il pas dû proposer « hasard et nécessité » comme base de de l'évolution mais plutôt « nécessité ou autre nécessité » c'est-à-dire « loi ou autre loi ».

Il faut reconnaître que Monod, d'une certaine manière avait conscience que le hasard n'est pas le seul facteur dans l'évolution, en évoquant l'évolution canalisée en raison de facteurs internes telle l'orthogénèse (Emploie-t-il ce terme ?). L'exemple de Monod à cet égard est celui du langage qui, présentant un avantage sélectif dès son origine, aurait imposé une direction évolutive favorisant les structures anatomiques et neuromorphologiques qui lui sont propres.

Selon Stephen Jay Gould, « le hasard produit seulement la matière brute ; la sélection naturelle donne une direction au changement évolutif. »⁴⁰⁵ Est-ce à dire que c'est la sélection naturelle qui tient lieu et se substitue totalement à la téléonomie, en la mettant totalement en place ? Or, il serait aussi important de s'interroger sur la raison de « cette extrême cohérence du système téléonomique, qui, dans l'évolution, a joué le rôle à la fois de guide et de rein »,⁴⁰⁶ comme en convient Monod. Pourquoi cette cohérence, d'où vient-elle, et plus largement, pourquoi la nature obéit-elle à des lois ? Si cette cohérence téléonomique joue un rôle de « guide », n'est-ce pas que, d'une certaine manière, elle précède l'évolution ?

De plus, comment arrivent des mutations qui font surgir l'organe dont la fonction tient compte du milieu ? On ne peut s'empêcher d'y voir une sorte « d'harmonie préétablie ».

Darwin reconnaît que la classification de son temps des fossiles ne permet pas de prouver une progression graduelle des changements et des modifications. C'est pourquoi, il est, sans encore possible, dans une certaine mesure, surtout si l'on adopte la thèse du staltationnisme, de lui faire valoir la fameuse objection des chaînons manquants. Il reconnaît que « le nombre de variétés intermédiaires qui auraient existé autrefois sur la terre doit être vraiment immense ; pourquoi donc toute formation géologique et toute strate ne sont-elles pas pleines de ces chaînons ? Il est certain que la géologie ne révèle pas une telle chaîne organique parfaitement graduée ; et c'est peut-être l'objection la plus obvie et la plus sérieuse qu'on puisse faire à ma théorie. Je crois que l'explication se trouve dans l'extrême insuffisance des documents géologiques. »⁴⁰⁷. Cependant, de nos jours, de nombreux chaînons manquants

⁴⁰⁵ S. J. Gould, (1991), (1983) p. 364.

⁴⁰⁶ J. Monod, (1970), chapitre 7 p. 159.

⁴⁰⁷ Darwin, [1859], (1992), *De l'origine des espèces*, p. 334.

manquent de moins en moins ; de nombreux autres sont en bonne voie d'être répertoriés, tâche à laquelle s'attellent de nombreux paléontologues comme Yves Coppens, dont Neil Shubin ou K. R. Miller se font l'écho. On a trouvé maintenant, en 2017, de très nombreux vestiges du passage du poisson au vertébré, du reptile au mammifère, contrairement à ce qu'on disait vers 1980. En effet, en 1979, Steven Stanley, par exemple, faisant état des recherches concernant les fossiles sur plus de 150 années de fouilles, disait : « Les gisements fossiles connus ne fournissent pas un seul exemple témoignant de l'évolution phylétique en train d'accomplir une transition morphologique majeure, et n'offrent donc aucune preuve de la validité du modèle gradualiste.⁴⁰⁸

Cependant, on ne peut plus alléguer de nos jours « l'extrême insuffisance de nos documents ». Néanmoins, face à la difficulté de trouver tous les chaînons manquants dans leur ensemble, de chaînons manquants, Stephen Jay Gould émet le modèle d'une évolution « par sauts » entre des formes stables, selon la théorie « staltationniste ».

Pour conclure sur ce débat, nous ne pouvons pas ne pas évoquer le fait de voir dans la formation des vivants une certaine finalité, façon de voir qui relève d'un questionnement métaphysique, dans le respect du principe d'objectivité scientifique.

Nous pouvons citer en ce sens Claude Bernard, dont l'analyse suivante nous paraît encore tout à fait d'actualité. Il rejoint d'une certaine manière l'analyse aristotélicienne pour qui la nature ne se déploie pas « en vain », sans finalité, sans intentionnalité, et donc totalement au hasard. La différence est que cette intelligence intentionnelle n'est pas la nature elle-même chez Claude Bernard, mais une entité qui lui est certes immanente mais dont le statut s'en distingue. « Quand nous voyons dans les phénomènes naturels l'enchaînement qui existe de telle façon que les choses semblent faites dans un but de prévision, comme l'œil, l'estomac, (etc.), qui se forment en vue d'aliments, de lumières futures, (etc.), nous ne pouvons pas nous empêcher de supposer que ces choses sont faites intentionnellement, dans un but déterminé. Parce qu'en effet, quand nous faisons nous-mêmes les choses de cette manière, nous disons que nous les faisons avec intention et nous ne pourrions admettre que c'est le hasard qui a tout fait. Eh bien ! Il paraîtrait que si, quand nous faisons les choses de manière à ce qu'elles concordent pour un but déterminé, nous disons qu'il y a une intelligence intentionnelle de notre part, nous devons reconnaître, dans l'ensemble des phénomènes naturels et leurs rapports déterminés pour des buts déterminés, une grande intelligence intentionnelle. Cette détermination intentionnelle paraît surtout évidente dans les êtres vivants qui forment un tout fini ; elle le paraît moins pour le physicien et le chimiste qui ne voient que des fragments des

⁴⁰⁸ S. Stanley, *Macroevolution*, W.H. Freeman, San Francisco, 1979, p. 39.

phénomènes généraux du grand tout. Aussi sont-ce ceux-ci qui ont combattu la téléologie comme fournissant des idées fausses et aujourd'hui les savants n'osent pas avouer qu'ils sont téléologistes parce que ce sont des choses qui ne se démontrent pas. Dans tous les cas, on n'a rien mis à la place et la place reste vide. »⁴⁰⁹ Si ce sont des choses qui ne se démontrent pas expérimentalement, elles restent effectivement hors du champ scientifique. Il reste cependant que la raison humaine s'interroge sur le sens de tout ce déploiement. Ceci veut dire que la question de la finalité sur le plan métaphysique, conserve toute sa légitimité. Les sciences expérimentales voient ce qui se fait mais ne peuvent interroger ce qui dirige ce qui se fait, et par conséquent non plus en vue de quoi cela se fait. La question de la finalité du vivant demeure. C'est cette question que nous allons analyser à présent à propos de l'œil, comme nous y invite Monod, puisqu'il voit bien en lui un projet.

c) Application de cette théorie à l'exemple de l'œil :

A la suite de cette discussion sur le rôle tenu par les mutations aléatoires et la sélection naturelle, nous allons traiter en détail l'exemple de l'œil pris et repris par tous les penseurs de l'évolution. Soumis à la méditation des plus grands penseurs de l'Antiquité, que l'on pense à Platon, puis Lucrèce, il faisait de nouveau réfléchir Darwin, qui voyait en la formation de cet organe une véritable énigme. Bergson, au XXe siècle, le réétudie amplement dans *l'Évolution créatrice*.⁴¹⁰ Monod, à son tour, ne manque pas de traiter cet exemple, et de son temps comme après lui, la vision et l'organe de l'œil continuent d'être largement traités, à nouveaux frais, par des biologistes contemporains, tels François Jacob,⁴¹¹ Dawkins ou Shubin. Tous ces penseurs se réfèrent aux résultats de la biologie moléculaire largement initiée par la théorie synthétique de l'évolution.

Monod s'en sert pour illustrer ses thèses tant sur le rôle du hasard que sur celui de la téléonomie et sur le rapport entre l'un et l'autre. L'œil en effet, évoqué dès le début de *HN*,⁴¹² est d'abord comparé à l'appareil photo, puis repris à deux endroits clés de l'ouvrage dans deux énoncés dont le rapprochement fait naître un paradoxe.

Deux énoncés de *HN* sur l'œil semblent, en effet, difficiles à concilier. L'un affirme que l'œil est le résultat d'un projet ; l'autre qu'il est le résultat d'un jeu « aveugle et arbitraire ». Sur quelle base Monod peut-il soutenir ces deux propos en même temps ? Tout d'abord, nous analyserons la nature de ces énoncés et pour éviter toute méprise, nous les replacerons dans

⁴⁰⁹ C. Bernard, (1965), *Cahier de notes (1850-1860)*, Paris, Gallimard, p. 58-59.

⁴¹⁰ Bergson, [1907] (1981) p. 60, p. 89 et pp. 94-98.

⁴¹¹ F. Jacob (1970) p. 336 ; R. Dawkins (1986) p. 97 et (2008) p. 159-162 ; N. Shubin (2008) pp. 168-176.

⁴¹² J. Monod, (1970) p. 24.

leur contexte. Puis, nous confronterons la conception proposée par Monod au débat actuel sur l'œil. Nous soulèverons en particulier l'argument de la complexité irréductible utilisé par les tenants de l'Intelligent Design, énoncé sous différentes formes et nous en ferons la critique au vu des connaissances actuelles sur l'évolution de la formation de l'organe visuel. Enfin, nous verrons que le postulat d'objectivité conduit à penser cette notion en termes de fonctionnalités internes. Cela ne devrait pourtant pas préjuger d'une conclusion métaphysique excluant toute finalité ou tout projet d'un auteur intelligent dans la nature faisant advenir ces propriétés.

Le premier énoncé se situe dès le premier chapitre qui s'interroge sur les étranges objets que sont les vivants, et le second clôture le cinquième chapitre sur l'ontogénèse. Le premier énonce qu'« il serait arbitraire et stérile de vouloir nier que l'œil ne représente l'aboutissement d'un projet, celui de capter des images. »⁴¹³ Le second stipule que « d'un jeu totalement aveugle, tout peut sortir, y compris la vision elle-même. »⁴¹⁴ Ces deux affirmations ne semblent-elles pas difficiles à soutenir ensemble ? Comment un projet, censé être fondé sur un ordre et exprimant une finalité - fût-elle exclusivement fonctionnelle - peut-il sortir d'une combinaison totalement aléatoire ?

Vu la difficulté à faire tenir ensemble ces deux énoncés, caractérisons d'abord leur nature et replaçons-les ensuite dans leur contexte, avant d'être en mesure de les confronter.

– Le premier est un jugement de valeur dépréciatif de la part de Monod portant sur l'hypothèse consistant à refuser de reconnaître en l'œil l'aboutissement d'un projet. Monod juge ce refus comme absolument inconséquent parce que purement gratuit et sans fondement rationnel, relevant d'un choix sans fondement ; c'est tout le sens de ce qualificatif « arbitraire » employé ici. Ce déni « arbitraire » est redoublé par le qualificatif « stérile » pour souligner l'inanité d'un tel refus ; nier ce projet inscrit dans l'œil qui consiste à chercher à capter des images serait méthodologiquement et à tous points de vue du reste - celui du sens commun, du philosophe comme celui du scientifique - sans aucune fécondité car n'apportant aucun élément pouvant contredire ce fait indéniable dans une confrontation avec l'évidence de l'observation et de l'expérience conjuguées. La démonstration qui chercherait à prouver le contraire serait donc vouée à l'absurde : cela ne fait aucun doute pour personne qu'il y a dans cette structure la disposition à capter des images qui en constitue le projet. Cela est incontestable et celui qui le nierait s'opposerait vainement à une évidence caractérisée, qui frappe tout un chacun, à savoir que l'œil est fait pour voir. Une petite difficulté tout de même réside dans l'emploi de ce terme « aboutissement » d'un projet, et ce qu'entend Monod par « aboutissement ». Ce terme semble indiquer que l'œil est le résultat d'un processus qui s'est

⁴¹³ J. Monod, (1970) p.25.

⁴¹⁴ J. Monod, (1970) p.128.

déroulé tout au long de l'évolution des organismes, résultat visible dans la configuration de la structure actuelle dotée de cette fonction, plus qu'un projet présent ; ce que Monod éclaircit immédiatement en faisant remarquer que, si analogie il y a entre l'organe naturel et l'appareil photo, « le projet qui "explique" l'appareil ne peut être que le même auquel l'œil doit sa structure. Il faut alors comprendre que l'artefact est le prolongement du projet des êtres vivants dont la caractéristique est précisément d'être des *objets doués d'un projet* qu'ils représentent dans leur structure - ici l'œil en l'occurrence - et accomplissent par leurs performances »⁴¹⁵ et il faut y intégrer ici la fabrication d'artefacts, tels l'appareil photo.

– Le second énoncé est une sorte d'axiome, une affirmation lapidaire, catégorique et sans appel, revêtant presque la forme d'une « sententia » de type lucrétien, faisant penser au fameux vers du *de Natura rerum*. Comme l'énoncent les vers 824-825 : « *lumina ne facias oculorum clara creata prospicere ut possimus* », qui se trouve traduit ainsi par Henri Clouard : « aucune faculté de voir n'exista avant la constitution des yeux. »⁴¹⁶ Lucrèce refuse plus généralement toute explication finaliste des organes. Les vers 831 à 835 témoignent de ce refus de toute explication inversant la cause et l'effet ; les deux premiers vers signifiant qu' « interpréter les faits de cette façon, c'est faire un raisonnement qui inverse le rapport des choses. »

- « *Cetera de genere hoc inter quae cumque pretantur*
- *omnia perversa praepostera sunt ratione,*
- *nil ideo quoniam natumst in corpore ut uti*
- *possemus, sed quod natumst id procreat usum.* »⁴¹⁷

Ce qui donne, mot à mot, pour les deux derniers vers : « puisque rien n'est né (ou survenu) dans le corps pour que nous puissions nous en servir, mais ce qui est né (survenu), cela sert à notre usage. » Dit de façon plus littéraire par Henri Clouard : « Rien en effet ne s'est formé dans le corps pour notre usage, mais ce qui s'est formé, on en use. »,⁴¹⁸ Les vers 840-841 poursuivent dans le même sens faisant une critique encore plus radicale de la finalité des organes : « *omnia denique membra ante fuere, ut opinor, eorum quam foret usus* », traduit ici par : « enfin, tous nos organes existaient, à mon sens, avant qu'on en fît usage, ce n'est donc pas en vue de nos besoins (*eorum* : de ceux-ci dont il vient d'être question) qu'ils ont été

⁴¹⁵ Monod, (1970), p. 25.

⁴¹⁶ Lucrèce, (1964), Livre IV, p. 35.

⁴¹⁸ Lucrèce, *De rerum natura*, IV, v. 830 trad.

<http://remacle.org/bloodwolf/philosophes/Lucrece/table.htm>

créés. » La traduction est défectueuse ici avec l'utilisation ici du verbe « créer » qui n'existe pas dans le texte latin. Il s'agit pour ces organes d'avoir été avant qu'ils puissent être utiles (servir pour l'usage). La différence entre Monod et Lucrèce est que Monod semble tenir au fait que les yeux sont faits pour voir et pas seulement, comme le veut Lucrèce, que l'on voit parce qu'on a des yeux. C'est cette fameuse « téléonomie », si, par « pudeur objective », on ne veut pas parler de finalité, que reconnaît Monod. Mais il ajoute à cela, d'une part, que l'on voit parce qu'on a des yeux pour accomplir le projet de la reproduction invariante, et d'autre part que la structure se perfectionne en vue de cette performance reproductive de bien des manières, au gré de ce que le hasard fait surgir, trié et renforcé par la sélection. Dans cet énoncé concis que nous allons analyser, Monod possède un sens certain de la formule, maniée avec un esprit d'à-propos non moins certain, en faisant jouer l'alliance de mots : aveugle/vision. « D'un jeu aveugle, tout peut sortir, y compris la vision elle-même. » Le jeu de mot sur cette antithèse est effectivement un trait d'esprit et montre que la rhétorique de Monod ne manque pas de chercher à frapper l'imagination de son lecteur car si le terme « vision » est employé ici au sens propre, en revanche, le qualificatif « aveugle » est employé au sens figuré pour exprimer le caractère aléatoire des combinaisons possibles, donc pour désigner, selon sa terminologie, le hasard essentiel ; hasard qui préside à toutes ces combinaisons dues à des mutations totalement imprévisibles, déterminant ainsi l'assemblage de nouvelles chaînes polypeptidiques à partir de ce qui était donné au départ comme invariant, les nucléotides de l'ADN ; l'expression de nouvelles protéines, une fois effectuée par le jeu de ces mutations, donne naissance aux tissus et aux organes, tel celui de l'œil, en l'occurrence. Ce terme d'« aveugle » est donc stylistiquement bien trouvé pour faire ressortir précisément ce paradoxe de l'émergence de la vision au cœur même de l'imprévisible, au sens où le hasard agit sans aucune visibilité, « à l'aveuglette », sans aucune vision d'ensemble préconçue. Il sera repris dans l'intitulé du livre de Dawkins, *L'Horloger aveugle*, qui lui aussi traitera au ch. 4 « Trajectoires dans l'espace animal » de l'organe de l'œil. Cette non visibilité dans le champ d'action du hasard est, d'une certaine façon, très bien rendue par la parabole du plombier sur le toit qui, par inadvertance, fracasse la tête du médecin qui passait par là.⁴¹⁹ Inadvertance dans la façon de ne pas voir en ne portant pas son regard sur celui qui survient ; cela dit, la maladresse d'un geste raté n'est pas toujours à proportion de ce que l'on voit ou ne voit pas devant soi. La visibilité n'empêche pas non plus quelquefois l'accident, mais lors de la rencontre de deux séries indépendantes, dans la plupart des cas, on ne les « voit » pas venir.

⁴¹⁹ J. Monod, (1970) p. 149.

Elles entrent bien en jeu ou en collision de façon brusque et inattendue, totalement « aveugles » et, bien que simultanées, sont donc totalement imprévisibles.

Pour mieux cerner les enjeux du problème, reportons-nous aux contextes immédiats dans lesquelles ces remarques sont insérées.

En ce qui concerne le premier énoncé, Monod cite l'exemple classique qui revient à comparer « les performances d'un vertébré avec celles d'un appareil photographique. » Monod imagine un scénario qui n'est, dit-il, « qu'à peine de la science-fiction »⁴²⁰ qui consiste en la mise au point d'un programme informatique permettant d'analyser la structure et les performances de ces objets. Il en concluait quelques lignes plus haut : « Le programme ne pourrait qu'en reconnaître les profondes analogies ; lentilles, diaphragme, obturateur, pigments photosensibles : les mêmes composants ne peuvent avoir été disposés, dans les deux objets, qu'en vue d'en obtenir des performances semblables. »⁴²¹ C'est dans ce contexte destiné à manifester la difficulté d'opérer une distinction entre objets « naturels » et « artificiels » que Monod fait remarquer que, s'il faut reconnaître un projet dans la fabrication de l'appareil photo - celui de capter des images, il faut le reconnaître également dans celui de l'organe naturel qu'est l'œil. La citation toute entière, dont notre énoncé est extrait, est en effet la suivante : « Je n'ai cité cet exemple, classique parmi d'autres, d'adaptation fonctionnelle chez les êtres vivants, que pour souligner combien il serait arbitraire et stérile de vouloir nier que l'organe naturel, l'œil, ne représente l'aboutissement d'un « projet » (celui de capter des images) alors qu'il faudrait bien reconnaître cette origine à l'appareil photographique. »⁴²² Un premier critère de distinction entre un artefact et un être vivant est apporté dans les pages suivantes⁴²³. En effet, Monod fait remarquer que l'être vivant, à la différence d'un artefact, ne doit « presque rien à l'action des forces extérieures, mais tout, de la forme générale, jusqu'au moindre détail, à des interactions « morphogénétiques » internes à l'objet lui-même ». ⁴²⁴ En cela, il est fidèle à la grande tradition classique qui définit la vie, depuis Aristote, comme spontanéité, dont le mouvement obéit à un « principe interne » aux êtres vivants eux-mêmes. Ce principe est en eux-mêmes, comme le dit Aristote, *ἐν ἑαυτοῖς ἀρχή*.⁴²⁵ Monod confirme cette vue lorsqu'il affirme : « Par le caractère autonome et spontané des processus morphogénétiques qui construisent la structure macroscopique des êtres vivants, ceux-ci se distinguent absolument des artefacts. »⁴²⁶ A partir de cette constatation, Monod continue de

⁴²⁰ J. Monod, (1970) p. 23.

⁴²¹ J. Monod, (1970) p. 24-25.

⁴²² J. Monod, (1970) p. 25.

⁴²³ J. Monod, (1970) p. 26-27.

⁴²⁴ J. Monod, (1970) p. 27.

⁴²⁵ Aristote, (1980) *De anima*, II, 2, 413 a 26, p. 32.

⁴²⁶ J. Monod, (1970), p. 27.

procéder à un assez long détour, cherchant les critères qui permettent de définir les propriétés des êtres vivants. Il va, dès lors, classer les cristaux, en tant qu'ils reflètent les interactions internes à l'objet lui-même, avec les êtres vivants. Et là presque incidemment, au détour de cette confrontation, Monod va faire apparaître que « l'un des principaux thèmes développés dans les chapitres suivants du présent essai », pour ne pas dire le thème principal, sera d'exposer que « les forces internes qui confèrent leur structure microscopique aux êtres vivants sont de même nature que les interactions microscopiques responsables des morphologies cristallines. »⁴²⁷ Si une réserve est émise, quant à la justesse de cette assimilation, cela concerne le fait que ce qui distingue les êtres vivants des cristaux, est, selon Monod, un critère « purement quantitatif », car « la quantité d'information est inférieure pour les cristaux de plusieurs ordres de grandeurs ». De plus, Monod reconnaît que les cristaux, à la différence des êtres vivants, sont dépourvus de « tout appareil téléonomique. »⁴²⁸ Mais les cristaux sont-ils vraiment comparables, comme le soutient Monod avec la structure bactérienne ? De plus, peut-on dire qu'ils se reproduisent à l'identique ? « Oui, en présence de germes de cristaux », nous dit Monod. Aussi peut-on dire que d'une certaine façon, ils possèdent cette propriété de reproduction invariante ou invariance. Repensons à la critique que nous avons opérée à ce sujet dans le cadre de la réplique. Il s'agit, dans le cas des cristaux, d'agglomérat, sans principe interne d'organisation, qui évoque plus la notion de « tas », que celle de « corps » organisé. Ce qui semble être un facteur déterminant permettant de ne pas pouvoir assimiler les cristaux aux vivants.

Après cette digression sur les cristaux, utile pour le propos de Monod concernant la nature de l'être vivant, mais non directement nécessaire quant à l'examen de notre énoncé, Monod revient sur l'exemple de l'appareil photo et de l'œil.⁴²⁹ Et là, sa démarche devient de plus en plus éclairante sur la visée de toute son analyse. Tout d'abord, il reprend le fil de sa discussion sur ce sujet et ne fait que redire ce qu'il avait conclu précédemment, faisant ainsi état des acquis de sa pensée. « Rappelons, dit-il, l'exemple de l'appareil photo : si nous admettons que l'existence de cet objet et sa structure réalisent le " projet de capter des images", nous devons de toute évidence admettre qu'"un projet" semblable s'accomplit dans l'émergence de l'œil d'un vertébré. »⁴³⁰ Puis, il franchit un pas de plus, car c'est alors qu'il nous fait observer que « tout projet particulier, quel qu'il soit, n'a de sens que comme partie d'un projet plus général »⁴³¹. Et il poursuit en spécifiant en quoi consiste pour les êtres vivants ce projet

⁴²⁷ J. Monod, (1970), p. 27.

⁴²⁸ J. Monod, (1970), p. 33.

⁴²⁹ J. Monod, (1970), p. 30.

⁴³⁰ J. Monod, (1970), p. 30.

⁴³¹ J. Monod, (1970), p. 30.

général : « Toutes les adaptations fonctionnelles des êtres vivants comme aussi tous les artefacts façonnés par eux accomplissent des projets particuliers qu'il est possible de considérer comme des aspects ou des fragments d'un projet primitif unique, qui est la conservation et la multiplication de l'espèce. »⁴³² Il faut noter ici que Monod passe à un point de vue heuristique avec cette invitation à la prudence méthodologique qui consiste à affirmer qu'il « est possible de considérer » ces projets « comme » des aspects d'un projet primitif. Il faut comprendre avant tout que la structure elle-même du vivant est supposée représenter l'aboutissement du projet en tant que projet global de ce vivant, somme de tous ces « mini-projets » que sont chaque organe ou chaque prolongement de ceux-ci, tel l'artefact de l'appareil photo, qui contribuent tous, chacun pour sa part, au projet général. Et un peu plus loin, il élargit le champ d'activités lié à ce projet général pour étayer sa thèse : « Il faut insister sur le fait qu'il ne s'agit pas seulement des activités directement liées à la reproduction proprement dite, mais de toutes celles qui contribuent, fût-ce très indirectement, à la survie et à la multiplication de l'espèce. »⁴³³ Le jeu, par exemple, en fait partie.

Ainsi, l'œil aurait pour fonction, tout comme « toutes ces performances et toutes ces structures »⁴³⁴ de servir « le projet téléonomique. »⁴³⁵

Cela dit, une contradiction, ou tout au moins une incompatibilité méthodologique, semble apparaître dans le discours de la fin de ce premier chapitre portant sur « D'étranges objets », car pour examiner un œil selon la méthode scientifique, il est impossible de l'envisager sous l'angle d'un projet. C'est, en effet, parvenu au terme de cette analyse que Monod rappelle les fondements de la méthode scientifique. « La pierre angulaire de la méthode scientifique est le postulat de l'objectivité de la nature. C'est-à-dire le refus *systematique* de considérer comme pouvant conduire à une connaissance "vraie" toute interprétation des phénomènes donnée en termes de causes finales, c'est-à-dire de " projet' ». ⁴³⁶ [...] Il y fallait l'austère censure posée par le postulat d'objectivité. Postulat pur, à jamais indémontrable, car il est évidemment impossible d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la *non-existence* d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. Mais le postulat d'objectivité est consubstantiel à la science, il a guidé tout son prodigieux développement depuis trois siècles. Il est impossible de s'en défaire, fût-ce provisoirement, ou dans un domaine limité, sans sortir de celui de la science elle-même. »⁴³⁷

⁴³² J. Monod, (1970) p. 30.

⁴³³ J. Monod, (1970) p. 31.

⁴³⁴ J. Monod, (1970) p. 31.

⁴³⁵ J. Monod, (1970) p. 30.

⁴³⁶ J. Monod, (1970) p. 37.

⁴³⁷ J. Monod, (1970) p. 37.

Arrivés à cette étape du raisonnement, nous pensons soit que l'œil en tant que projet ne ressortit pas à la science, soit qu'il peut être objet de science et, dans ce cas, qu'il est impossible de voir en lui l'aboutissement d'un projet. En fait, il semble que Monod va envisager de soutenir une troisième voie en affirmant qu'il reste objectif et donc scientifique de voir, en l'œil, un projet ; Sous réserve cependant que cette affirmation soit sans doute provisoire, et dont la validité reste à considérer uniquement d'un point de vue strictement heuristique :

« L'objectivité cependant nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, à admettre que, dans leurs structures et performances, ils réalisent et poursuivent un dessein. »⁴³⁸

N'est-ce pas tenter, en effet, de résoudre la quadrature du cercle ? En fait, nous verrons qu'il va falloir passer par l'invariance liée au principe d'objectivité pour expliquer les phénomènes téléonomiques, phénomènes qui se déclineront finalement d'une certaine façon comme une « variation » ou une « variante », au sens d'une interprétation de l'invariance. Tous ces phénomènes seront considérés comme une sorte d'attributs *sine qua non* de l'invariance, ou si l'on veut parler en termes aristotéliens, d'accidents survenant à l'invariance pour que celle-ci continue de se déployer en tant que telle. Mais alors, pourquoi ce projet de l'invariance ? Ce serait presque plutôt une loi du vivant, une « propriété » que de se reproduire plus qu'un projet à part entière. Ce but est plus un moyen de survie qu'un but, à moins que la fin soit dans le moyen ; ou que ce moyen lui-même soit nommé « projet », de façon impropre, tout en révélant un emploi de ce terme tributaire d'une métaphysique qui nierait finalement la possibilité de l'existence de tout projet, d'un certain point de vue, puisque faisant découler, en définitive, du hasard tout l'édifice de la nécessité.

Toute cette analyse, avec ces questionnements, doit donc être mise en lien avec le second énoncé dont voici le contexte immédiat. Cet énoncé figure comme conclusion de l'exposé sur l'ontogénèse moléculaire au cinquième chapitre de *HN*, juste après l'énonciation de « la seule loi générale : celle du hasard » présidant à la formation de toute protéine globulaire. Affirmer cette loi, précise Monod, c'est, loin de faire « aveu d'ignorance », « exprimer une constatation de fait » : on n'obtient toujours que des fréquences moyennes, qui ne peuvent déterminer en aucun cas la position précise de chaque résidu.⁴³⁹ Cependant, cette approximation dans les résultats, qui reste une simple moyenne ne vise-t-elle pas plutôt un hasard probabiliste, au sens « opérationnel » du terme, pour reprendre le vocabulaire de Monod, plutôt qu'un hasard essentiel ? Dans ce cas, la considération du hasard probabiliste connaissant une forme de

⁴³⁸ J. Monod, (1970) p. 38.

⁴³⁹ J. Monod, (1970) p. 127.

détermination beaucoup plus précise que le hasard essentiel, semble ôter au hasard essentiel annoncé par ailleurs une partie de son impact. Après avoir affirmé que l'objectivité nous oblige à reconnaître la téléonomie, Monod fait la distinction entre les propriétés fonctionnelles d'une protéine globulaire et sa structure fondamentale où, dit-il, « rien ne se discerne que le jeu de combinaisons aveugles. »⁴⁴⁰ Il poursuit avec cette phrase nominale qui a fait couler tellement d'encre : « Hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en ordre, règle, nécessité. »⁴⁴¹ D'où il infère sur l'exemple de l'œil qu'il avait pris au premier chapitre, que « d'un jeu *totallement* aveugle, tout, par définition, peut sortir, y compris la vision elle-même, »⁴⁴² en filant la métaphore de l'aveuglement pour faire ressortir le contraste avec la vue.

La fin de ce dernier paragraphe du chapitre 5, « L'ontogénèse moléculaire », continue à permettre d'élucider la pensée de Monod ; car, en mettant l'accent sur l'origine purement aléatoire de la structure, il rattache son évolution à la nuit des temps : « Dans l'ontogénèse d'une protéine fonctionnelle, l'origine et la filiation de la biosphère entière se reflètent et la source ultime du projet que les êtres vivants représentent, poursuivent et accomplissent, se révèle dans ce message, dans ce texte précis, fidèle, mais essentiellement indéchiffrable que constitue la structure primaire. Indéchiffrable, puisque avant d'exprimer la fonction physiologiquement nécessaire qu'il accomplit spontanément, il ne révèle dans sa structure que le hasard de son origine. Mais tel est, justement le sens profond, pour nous, de ce message qui nous vient du fond des âges. »⁴⁴³

La conclusion ne fait que reprendre la démonstration de cette thèse dans les lignes qui précédaient ; en effet, Monod y affirmait que « l'*ultima ratio* de toutes les structures et performances téléonomiques des êtres vivants est enfermée dans les séquences de radicaux des fibres polypeptidiques, « embryons » de ces démons de Maxwell biologiques que sont les protéines globulaires. »⁴⁴⁴ « En un sens, très réel, nous avait-il dit, c'est à ce niveau d'organisation chimique que gît, s'il y en a un, le secret de la vie ; et saurait-on non seulement décrire ces séquences, mais énoncer la loi d'assemblage à laquelle elles obéissent, on pourrait dire que le secret est percé, l'*ultima ratio* découverte. »⁴⁴⁵ (...) « De ces séquences, et de leur comparaison systématique aidée des moyens modernes d'analyse et de calcul ; on peut aujourd'hui déduire la loi générale : c'est celle du hasard. »⁴⁴⁶

⁴⁴⁰ J. Monod, (1970) p. 128.

⁴⁴¹ J. Monod, (1970) p. 128.

⁴⁴² J. Monod, (1970) p. 128.

⁴⁴³ J. Monod, (1970) p. 129.

⁴⁴⁴ J. Monod, (1970) p. 126.

⁴⁴⁵ J. Monod, (1970) p. 126.

⁴⁴⁶ J. Monod, (1970) p. 127.

De cela, nous sommes en mesure de déduire que la description en termes de projet était provisoire et se voit radiée, méthodologiquement, du moins, au nom du principe d'objectivité, selon le postulat de départ de la méthode scientifique, retenu par Monod.

En effet, Monod reconnaît l'existence d'un projet dans la formation de l'œil qui est celui de capter des images, qu'il inscrit dans un projet plus large, celui de la reproduction de l'espèce. Mais la fonction du second énoncé est d'ancrer ce projet dans une nécessité, elle-même surgie par hasard.

Si cette phrase frappe l'attention du lecteur par son caractère paradoxal, c'est parce que Monod tente de concilier l'apparence inconciliable du caractère aveugle du jeu des combinaisons et le surgissement de la vision elle-même ; en somme, en persuadant le lecteur par une brillante rhétorique, Monod vise surtout à convaincre et à emporter l'adhésion du lecteur, en le mettant en contact, dans un trait saisissant, avec la réalité des choses, et entend, par- là, renverser bien des préjugés, en particulier tous les présupposés finalistes et toutes les affirmations visant à prouver la présence d'un dessein intelligent au cœur du vivant. C'est ce même qualificatif « aveugle » qui sera repris dans le chapitre suivant, « Invariance et perturbations » quand il sera dit que « le hasard seul est à la source de toute nouveauté ; de toute création dans la biosphère. »⁴⁴⁷ Monod ajoute en effet aussitôt après, en reprenant de nouveau ce qualificatif « aveugle », pour qualifier la liberté absolue du hasard : « le hasard pur, le seul hasard, liberté absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution. »⁴⁴⁸ Ce qui se trouve expliqué ensuite et justifié⁴⁴⁹ par l'élucidation suivante : « Entre le déterminisme, fût-il entier, d'une mutation de séquence dans l'ADN et celui de ses effets fonctionnels au niveau des interactions de la protéine, on ne pourrait encore voir qu' « une coïncidence absolue », au sens défini par la parabole du plombier et du docteur.⁴⁵⁰ L'événement relève donc du domaine du « hasard essentiel. »

Comment Monod parvient-il à résoudre ce qui n'en demeure pas moins une contradiction, à savoir que l'œil soit l'aboutissement d'un projet et que la vision, donc tout aussi bien l'organe de l'œil, relève du pur hasard ?

En fait, si l'on se réfère au contexte explicatif du second énoncé, la réponse à cette difficulté est en partie éclairée par la distinction structure/fonction : on pourrait dire que si la fonction, une fois émergée, est bien une nécessité, c'est la structure fondamentale qui relève du hasard. Qu'est-ce à dire ? De nombreux auteurs ont mis en avant, depuis, l'accumulation des petits

⁴⁴⁷ J. Monod, (1970) p. 148.

⁴⁴⁸ J. Monod, (1970) p. 148.

⁴⁴⁹ J. Monod, (1970) p. 150.

⁴⁵⁰ J. Monod, (1970) p. 150.

changements, comme facteur de l'évolution, qui a permis aux organes de franchir des caps de formation, en se complexifiant, par toutes petites étapes.

L'analyse menée, entre autres, par Michel Delsol dans *Cause, loi, hasard en biologie*, reconduite dans *Darwin, le hasard et Dieu*, examine l'œil comme produit par des mutations du vivant au contact de la lumière, en ces termes : « Il faut préciser que les yeux se sont construits très lentement probablement en 5 à 600 millions d'années par petites étapes. On a pu le savoir indirectement parce qu'on a suivi l'histoire de l'œil, avec des espèces plus ou moins primitives encore vivantes aujourd'hui, chez des vers, par exemple. Le long de cette série vivante, c'est la même région génique qui a donné l'œil et s'est complexifiée avec le temps. Ainsi, avant de donner l'œil actuel, la région génique, qui en assure la formation, est passée par des étapes intermédiaires toutes fonctionnelles à leur façon et se complexifiant d'âge en âge. »⁴⁵¹ L'indication de Delsol sur les étapes fonctionnelles est très éclairante : il s'agit bien, si projet il y a, d'un projet fonctionnel, celui qui est permis par une structure de plus en plus perfectionnée. Le fonctionnement peut alors s'expliquer selon un mécanisme de haute précision, qui n'exclut pas cette finalité fonctionnelle, ce que Monod nomme « performance téléonomique », en tant que telle. Il s'agit pour Delsol, comme pour Monod, en ce qui concerne la formation de l'œil, d'une reconnaissance fonctionnaliste ici de l'existence d'un projet, et non pas *ipso facto* d'une reconnaissance ontologique d'un projet à l'œuvre. Delsol continue en faisant jouer cette adaptation de la fonction sur une durée très longue : « On pourrait ainsi décrire, écrit-il à la suite, mais il faudrait des pages et des pages, ces transformations de l'œil au cours du temps. On connaît des animaux primitifs chez lesquels l'œil n'est composé que d'une seule cellule qui joue un rôle rétinien, d'autres qui en ont deux, quatre, d'autres huit, d'autres un véritable petit tapis rétinien sans cristallin ni cornée et donc ouvert directement à l'extérieur. Au départ, il y a eu de nombreux organismes pourvus d'une plaque photosensible, puis s'est mise en place la lentille, et enfin la zone de connexions neuronales reliées à la vision pour les animaux supérieurs. On rappellera aussi que des calculs assez simples ont montré que des mutations avaient pu suffire pour fabriquer ces yeux complexes, grâce au temps bien sûr ! »⁴⁵² Cette vue des choses instaure autour d'elle un large consensus. L'analyse de Richard Dawkins, par exemple, dans *L'horloger aveugle* va également dans ce sens selon qui « beaucoup de gens ont du mal à croire qu'un organe comme l'œil[...]aussi complexe et aussi bien conçu, avec autant d'éléments fonctionnels imbriqués puisse s'être développé, étape par étape, à partir d'humbles débuts, par une série graduelle de

⁴⁵¹ M. Delsol, (2007) p. 42.

⁴⁵² M. Delsol, (2007) p. 42.

modifications. »⁴⁵³ Dans *Pour en finir avec Dieu*, il va également nier ainsi l'argument de complexité irréductible des créationnistes. « Quand on dit, écrit ce dernier, « ou bien l'œil voit ou bien il ne voit pas, on présuppose qu'il n'existe pas d'intermédiaires utiles. Or, c'est faux, tout simplement. »⁴⁵⁴ Ce que soulignent aussi les différents points à retenir au terme de l'analyse de Delsol :

- 1) Il faut reconnaître la construction très lente par étapes de la formation de l'œil.
- 2) C'est la même région génique qui s'est complexifiée avec le temps.
- 3) Des mutations ont suffi pour fabriquer ces yeux complexes.

Cette observation de Michel Delsol se situe dans un cadre plus large puisque, dès le début de son ouvrage, il rappelle que « l'évolution biologique n'est plus une hypothèse, et que les théories qui l'expliquent par un jeu de mutations sélectionnées apparues par hasard et triées par la sélection, ne peuvent plus être rejetées aujourd'hui. »⁴⁵⁵

Il fait appel, d'une part, au système multiplicatif qui est un schéma de construction du vivant, suivant lequel « il ne faut pas oublier que beaucoup d'ensembles cellulaires correspondant à des tissus sont très souvent construits avec des éléments très semblables. »⁴⁵⁶ En ce qui concerne l'œil, par exemple, la rétine évoquée est composée essentiellement de deux types de cellules semblables. Selon ce système, on comprend que l'action d'un très petit gène et d'une très petite mutation puisse être facilement multipliée. Ce principe se trouve complété, d'autre part, par un principe de remplacements successifs obéissant à un processus de construction anatomique qui prend du temps pour la constitution des organes les plus complexes, comme celui de l'œil par exemple. Cependant, le hasard ne peut qualifier que la réalisation de ce qui était en puissance dans les éléments de la nature.⁴⁵⁷ Car, comme le précise Delsol, en réalité, tout dans la nature est produit par des lois : « Tout est loi dans la nature et rien ne se fait sans loi. »⁴⁵⁸ « Le système des mutations au hasard et de la sélection donne une impression de désordre, mais on ne peut nier que ce désordre ait abouti aux extraordinaires organes très structurés de la nature », tel l'œil pris ici pour exemple. « La nature a sa façon de créer de l'ordre. »⁴⁵⁹ « L'ordre ne sort du désordre que parce qu'il était « en puissance » dans le désordre. »⁴⁶⁰ Cette conception de Delsol est une thèse métaphysique en ce qu'elle dépasse les simples données scientifiques. La preuve en est donnée par les questions qui suivent, toujours

⁴⁵³R. Dawkins, [1986], (1999), p. 97.

⁴⁵⁴ R. Dawkins, (2009) p. 159.

⁴⁵⁵ M. Delsol, (2007) p. 14.

⁴⁵⁶ M. Delsol, (2007) p. 43.

⁴⁵⁷ M. Delsol, (2007) p. 125.

⁴⁵⁸ M. Delsol, (2007) p. 100.

⁴⁵⁹ M. Delsol, (2007) p. 102.

⁴⁶⁰ M. Delsol, (2007) p. 108.

posées par Delsol, et qui, comme telles, ne sont pas scientifiques car ne répondant plus au critère du postulat d'objectivité auquel la science est soumise : « Nous sommes ramenés au problème suivant : d'où viennent ces propriétés « ordonnatrices » en puissance ? Et si elles venaient des immenses jeux du hasard sélectionnés que presque tous les biologistes admettent depuis Darwin, on se demanderait alors pourquoi ces jeux ont inventé des systèmes où l'ordre sort du hasard ? » L'assertion suivant laquelle « l'ordre ne sort du désordre que parce qu'il était « en puissance » dans le désordre », permet à Delsol de citer ce fragment d'Hérodote pour qui « tout le possible arrive », pourvu que l'on prodigue le temps.

« Cependant, il ne faut pas confondre, précise Delsol, « tout le possible arrive » avec « tout peut arriver » », confusion qui risque d'être présente dans ce fameux « tout peut sortir » ; extrapolation a tendance à se retrouver parfois ailleurs aussi, sous la plume de Monod : quand il dit, par exemple, à propos de l'allostérie : « Il en résulte, et c'est là le point fondamental, qu'en fait de régulation par l'intermédiaire d'une protéine allostérique, tout est possible. »⁴⁶¹ Il y a là, en ce sens, chez Monod une part excessive quant au pouvoir exorbitant accordé à ce hasard qui s'organise tout seul car, si le vivant s'organise, c'est aussi en raison de lois et de contraintes très rigoureuses.

Delsol voit des lois naturelles régissant de nombreux systèmes, outre celui de l'œil bien sûr, extrêmement complexes : « On le sait, dit-il, la nature n'est qu'un défilé majestueux d'appareils étonnants : l'œil, l'oreille, le radar des chauves-souris, le cerveau intelligent des hommes. Nous admettons parfaitement que tout cela est né de lois naturelles. » De là, il se met à dessiner les contours d'une réflexion, non plus scientifique, mais proprement métaphysique, par la mention de la question cruciale suivante : « Mais si tout cela est né d'une certaine matière et de lois naturelles, on doit se demander pourquoi existent ces lois naturelles. »⁴⁶² De la même façon, il ouvre le champ de la métaphysique en se penchant sur le questionnement suivant : « On peut penser que les éléments originels de la matière auraient possédé la capacité de faire cet ensemble dont l'immense structuration actuelle nous étonne. Dans ce cas, on ne voit pas pourquoi les éléments qui furent à l'origine de ce cosmos auraient possédé les propriétés nécessaires pour réaliser ces ensembles complexes sans qu'une intelligence ne l'ait voulu et décidé. Ce conte de fées est impensable. »⁴⁶³ Il renchérit sur cette conception des choses un peu plus loin : « Il faut réfléchir à l'idée que les premières particules élémentaires n'étaient pas n'importe quoi. Elles devaient posséder en puissance un nombre incroyable de capacités qui leur permettraient successivement de s'associer en éléments

⁴⁶¹ J. Monod, (1970) p. 103.

⁴⁶² M. Delsol, (2007) p. 111.

⁴⁶³ M. Delsol, (2007) p. 110

complexes et d'acquérir les propriétés de chaque étape. Ces particules originelles, qui ont peut-être existé, devaient être si riches en propriétés que l'on ne voit pas comment elles auraient pu être sans un vouloir intelligent. »⁴⁶⁴

Delsol serait certainement en partie d'accord avec le second énoncé de Monod selon lequel « tout peut sortir d'un jeu aveugle, y compris la vision », à ceci près que le « tout peut sortir » est faux car excessif aux yeux de Delsol. Ce dernier met l'accent sur le fait que tout ne peut pas sortir mais seulement le possible ; pensée à laquelle Monod adhérerait sans doute, car il paraît évident que Monod ne dirait pas que l'impossible puisse sortir d'un jeu aveugle. Néanmoins, Monod passe sous silence cette question des possibilités de la matière elle-même. De plus, il convient de faire ici la distinction entre ce qui est indéterminé, dans des marges probabilistes, et ce qui est purement et simplement aléatoire, qui n'existera peut-être jamais. Comme le souligne Miller, « les phénomènes à l'échelle atomique sont indéterminés, mais non aléatoires : ils obéissent à des modèles statistiques intelligibles. »⁴⁶⁵

Ainsi, à la différence de Delsol, Monod ne s'interroge ni sur ces propriétés étonnantes de la nature, ni sur la provenance de ces lois du vivant. Questions d'ordre métaphysique et philosophique qui, effectivement, ne sont pas du ressort de la science. En tout cas, la réponse donnée par la loi du hasard lui semble complète et n'ouvre pas, pour lui, à d'autres questionnements possibles ; mais rappelons que Monod obéit dans sa recherche au principe méthodologique du postulat d'objectivité qui peut être un principe heuristique sans engager, pour autant, une prise de parti métaphysique. Si cependant cette réponse est pour lui totale, s'exerçant comme explication ultime, il fait un choix métaphysique qui est discutable aux yeux de Delsol car ce dernier opte clairement pour l'hypothèse d'un esprit intelligent à l'œuvre, dans l'expression d'un « vouloir intelligent. »⁴⁶⁶

De fait, la question du hasard semble réglée autrement par Monod puisque toute la téléonomie du vivant repose finalement sur ce hasard essentiel, qui, pour Delsol, ne crée rien du tout mais permet seulement, à la faveur des rencontres fortuites, un nouvel agencement donnant lieu à de l'émergence de nouvelles formes.

La pensée de Monod permettrait cependant un rapprochement avec celle de Delsol, puisque Monod affirme d'une part la « révélation » de formes contenues dans le plan de structuration du vivant et d'autre part la « création » de nouvelles formes au cours du temps. En effet, il prend soin de souligner d'une part que « l'essence des processus épigénétiques consiste en ceci que l'organisation d'ensemble d'un édifice multimoléculaire complexe était contenue en

⁴⁶⁴ M. Delsol, (2007) p. 113.

⁴⁶⁵ K.R. Miller, (2009) p. 266.

⁴⁶⁶ M. Delsol, (2007) p. 114.

puissance dans la structure de ses constituants, mais ne se révèle, ne devient actuelle que par leur assemblage. (...) L'information était présente, mais inexprimée, dans les constituants. La construction épigénétique d'une structure n'est pas une création, c'est une révélation. »⁴⁶⁷

Il donne alors à penser que la matière aurait en elle toutes les propriétés pour permettre l'émergence d'un organe aussi sophistiqué que celui de l'œil. Mais ici, il ne parle que du plan de construction d'un être vivant auquel obéissent le dévoilement et l'agencement des constituants au cours de l'embryogénèse et de la croissance. Cependant, il considère aussi l'émergence évolutive, qui ne se fait que par le hasard « qui *seul* est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère ».⁴⁶⁸ En fait ces deux types d'émergence, révélatrice, au niveau embryonnaire, et créatrice, au niveau de l'évolution, ne sont pas antinomiques mais se complètent dans une sorte de « conservation/dépassement », expression émise ici, détachée de toute allusion à la pensée de Hegel que Monod, nous le savons, pourfend.

Michel Morange signale, à propos de l'œil, un phénomène de convergence évolutive, avec l'utilisation réitérée au cours de l'histoire d'un même gène de développement. Ces gènes avaient été pressentis par Monod, avec l'examen des gènes régulateurs mais ne seront mis systématiquement en évidence qu'à partir des années 90 : « L'invention de l'œil est un phénomène qui s'est produit plusieurs fois au cours de l'évolution des formes vivantes, mais a utilisé toujours un même gène, le gène *pax-6*, pour en assurer la coordination. Il y a bien eu bricolage - le *pax-6* a de multiples fonctions au cours du développement de l'organisme - mais il reste à expliquer pourquoi, pour construire des yeux, c'est toujours la même pièce que le bricolage de l'évolution a choisie. »⁴⁶⁹

Comme le dit en ce sens Miller, « l'évolution bricole, improvise et crée de nouveaux organes avec les vieux. » Cette analyse va permettre à Miller de montrer dans quelles difficultés tombent les tenants de l'*Intelligent Design*. « Accepter l'explication du dessein, c'est se voir obligé d'attribuer au concepteur la responsabilité d'une multitude de défauts et d'imperfections : sur la question des yeux, on pourrait se demander pour quelles raisons un concepteur intelligent a placé le circuit neural de la rétine sur la face qui reçoit la lumière. Cela disperse la lumière rendant notre vision moins précise, et produit même un angle mort à l'endroit où le circuit est tiré à travers la rétine photosensible pour produire le nerf optique qui transmet les messages visuels jusqu'au cerveau. »⁴⁷⁰ Miller en déduit le rôle, dans l'évolution des mutations avantageuses. Il cite d'abord Darwin : « La raison nous dit que si on peut

⁴⁶⁷ J. Monod, (1970) p. 117.

⁴⁶⁸ J. Monod, (1970) p. 148.

⁴⁶⁹ M. Morange, (2012) p. 90 et (1998) p. 117

⁴⁷⁰ K. R. Miller, (2009) p. 133.

démontrer qu'il existe de nombreuses gradations entre un œil simple et imparfait et un œil complexe et parfait, chacune de ses gradations étant avantageuse à l'être qui la possède ; que si, en outre l'œil varie quelquefois et que ces variations sont transmissibles par hérédité, ce qui est également le cas ; que si, enfin, ces variations sont utiles à un animal dans les conditions changeantes de son existence, la difficulté d'admettre qu'un œil complexe et parfait a pu être produit par la sélection naturelle, bien qu'insurmontable pour notre imagination, n'attaque en rien notre théorie. »⁴⁷¹ Miller en conclut que pour soutenir que la complexité d'un organe à multiples parties comme l'œil peut résulter de la sélection naturelle, il suffit de démontrer l'existence de « nombreuses gradations », comme le note Darwin, de la plus simple à la plus complexe. La démarche démonstrative de Miller est proche de celle de Delsol ; il développe un même continuum adaptatif dans ce qui suit : « Dans le cas de l'œil, dit-il en effet, les biologistes se sont rendus compte que toute capacité, aussi légère fût-elle, de sentir la lumière auraient dû avoir une valeur adaptative. Les bactéries et les algues se dirigent vers la lumière ou s'en écartent, avec rien de plus qu'un stigma : structure de pigment et de protéine dépourvue de nerf et de cristallin. Les zoologistes ont découvert dans la nature de nombreuses gradations de systèmes de sensibilité à la lumière dont la plupart étaient optiquement bien plus simples et moins parfaits que l'œil des vertébrés. »⁴⁷² Miller va, sur ce point également, ratifier la position de Dawkins : « L'existence de « pseudo-yeux » et de « semi-yeux » a convaincu les naturalistes que les intermédiaires imaginés par Darwin entre les systèmes primitifs de sensibilité à la lumière et les yeux complexes étaient vraisemblables et réels. Il était tout à fait plausible que l'œil humain, avec toute sa merveilleuse complexité ait été vraiment formé par l'évolution, véritable « horloger aveugle » comme l'appelle Dawkins. La complexité peu à peu s'est formée à partir d'une série d'organes plus simples mais fonctionnels et façonnés à chaque étape par la sélection naturelle. »⁴⁷³

Ceci conforme les vues de Monod. Cependant pour être vraiment complet relativement à la pensée de Monod, il faut voir comment cette combinaison effectuée au hasard est retenue, le plus souvent, par la sélection, selon une voie de complexification ascendante, définie en fonction d'une orientation irréversible ; d'où l'importance, après avoir traité de la sélection naturelle comme phénomène à part entière, de chercher à élucider vraiment la nature de la relation hasard/sélection qui n'exclut pas dans bien des cas, « une tendance générale, soutenue pendant des millions d'années, au développement apparemment orienté de certains

⁴⁷¹ C. Darwin, (2009) [1859] p. 195.

⁴⁷² K.R. Miller, (2009) p. 174.

⁴⁷³ K.R. Miller, (2009) p. 174.

organes. »⁴⁷⁴ Ce processus de l'évolution dans la biosphère est « nécessairement irréversible, qui définit une direction dans le temps. »⁴⁷⁵ On retrouve cette idée de pression de sélection « orientée, continue et soutenue »⁴⁷⁶ depuis plus de deux millions d'années, à propos de l'évolution de l'homme. Cette même idée d' « orientation » se retrouve dans cette observation déjà citée : « Les seules mutations acceptables sont celles qui, à tout le moins, ne réduisent pas la cohérence de l'appareil téléonomique, mais plutôt le renforcent encore dans l'orientation déjà adoptée ou, et sans doute bien plus rarement, l'enrichissent de possibilités nouvelles. »⁴⁷⁷ Peut-on vraiment penser la notion de projet en échappant à la notion d' « idée directrice », au sens de Claude Bernard ? D'autre part, si cette notion recouvre une réalité certaine, celle-ci est-elle d'ordre scientifique ou d'ordre métaphysique ? Il est clair que cette notion appartient davantage au champ de la métaphysique, en tant qu'elle annonce un projet, dans cette dimension recouverte par la notion de "direction".

En un sens, Monod pense bien que les yeux sont faits pour voir, pour faciliter la rencontre sexuelle, et contribuent en cela au projet unique de l'espèce, se reproduire à l'identique. Rappelons que « tout projet particulier, quel qu'il soit, n'a de sens que comme partie d'un projet plus général. Toutes les adaptations fonctionnelles des êtres vivants comme aussi tous les artefacts façonnés par eux accomplissent des projets particuliers qu'il est possible de considérer comme des aspects ou des fragments d'un projet primitif unique, qui est la conservation et la multiplication de l'espèce. »⁴⁷⁸ Cependant, dans ce contexte, cette utilisation du terme de « projet » ne fait pas signe vers quelque projet intelligent à l'origine de la formation de l'œil. En fait, la vision est une fonction dans le but de perpétuer l'espèce, mais dont l'élaboration, à coup d'essais et d'erreurs a fini par aboutir et a renforcé la performance téléonomique de l'être vivant. Il n'empêche qu'il faudrait discuter pour tenter de clarifier si cette fonction finalisée interne peut être parfaitement explicable à tous points de vue par la science. La réponse à cette question dépend largement du cahier des charges d'une « explication parfaite ». Scientifiquement correcte ne signifie pas *ipso facto* métaphysiquement complète. Swyngedauw reprend le terme d' « idée directrice » de Claude Bernard. Il pense qu'il est « impossible d'échapper à l'idée d'une élaboration de l'information en un stade purement conceptuel caractérisé par une finalité, une vue d'ensemble du plan à réaliser. »⁴⁷⁹ Il s'empare, lui aussi, de cet exemple de l'œil mais pour y voir une réalisation qui nécessite une intelligence conceptuelle qui en anticipe la réalisation, c'est-à-dire qu'il donne à

⁴⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 164.

⁴⁷⁵ J. Monod, (1970) p. 164.

⁴⁷⁶ J. Monod, (1970) p. 167.

⁴⁷⁷ J. Monod, (1970) p. 156.

⁴⁷⁸ J. Monod, (1970) p. 30.

⁴⁷⁹ J. Swyngedauw, (1991) pp.63-64.

la notion de projet son sens le plus littéral : se proposer une fin. « Prenons l'exemple, écrit ce dernier, de l'apparition de la vision dans le monde animal. Ce n'est évidemment pas par une suite aléatoire d'essais-échecs que la réalisation a pu un jour apparaître. Avant tout début de conception des mécanismes à mettre en œuvre, on ne peut se passer d'une « idée directrice » : l'intérêt pour l'individu d'une représentation de l'espace. Mais une représentation de l'espace comporte un enchaînement minimum de dispositifs distincts : appareil optique protégé, constitution d'une caméra rigide, membrane rétinienne, cellules à molécules photosensibles transformatrices des quanta électromagnétiques en impulsions neuronales, réseau de neurones, centre d'intégration, en connexion possible avec les centres moteurs. Ces éléments constitués matériellement de tissus d'une extrême diversité, appropriés à leur fonction, sont tous indispensables à la fonction visuelle. Chacun d'eux est partie intégrante et indispensable du plan, expression du projet, issu lui-même de l'idée directrice, la cause finale d'Aristote : « la représentation de l'espace ». Celle-ci est leur seul lien logique, il n'est pas de nature matérielle, pas plus que l'idée directrice. »⁴⁸⁰

Cet argument de Swyngedauw est, certes, en un sens pertinent, mais nous devons le mettre à son niveau qui n'est pas d'être un argument scientifique, comme les tenants de l'*Intelligent design* voudraient qu'il soit. En effet, cet argument suggère de poser un agent intelligent doué d'intentions et de moyens de les réaliser, agent, par définition, inexpérimentable selon les critères de la science expérimentale, soumise au principe d'objectivité. Avec ce type d'analyse, on sort de la biologie pour faire de la métaphysique. C'est sur ce même plan métaphysique que Delsol peut également envisager un « vouloir intelligent ».

Ces auteurs rejoignent par-là Dobzhansky, un des fondateurs de la théorie synthétique, pour lequel la formation de l'œil, pour lui non plus, ne peut relever du hasard : « Il est bien évident, dit ce dernier, qu'on ne peut croire que toutes les nombreuses parties de l'œil, mutuellement si bien ajustées entre elles, se soient produites simplement, par mutation, et se soient trouvées assemblées par le jeu du hasard. Supposons qu'environ cent gènes doivent être représentés par des allèles appropriés pour réaliser un œil, et supposons, en plus que le taux de mutation de ces gènes soit en moyenne de 10^{-5} (un pour cent mille). La probabilité que toutes ces mutations se produisent simultanément dans un seul individu est de 10^{-500} . »⁴⁸¹

L'analyse bergsonienne au chapitre 1 de *L'évolution créatrice* fait aussi mention des multiples mécanismes qui peuvent être mis en évidence dans la formation de l'œil, depuis la tache pigmentaire de l'infusoire jusqu'à l'œil du vertébré et conçoit, par-delà le mécanisme et le finalisme, tous deux jugés anthropomorphiques et ne laissant pas de place au temps, une

⁴⁸⁰ J. Swyngedauw, (1991), pp. 64-65.

⁴⁸¹ T. Dobzhansky et E. Boesiger, (1968), p. 156.

finalité comme s'effectuant « en vertu de l'élan originel. » Il avoue se démarquer des néodarwiniens du fait qu'ils « tiennent les différences inhérentes au germe (au sens de germe à distinguer du soma) pour purement accidentelles et individuelles. » Il pense au contraire qu'« elles sont le développement d'une impulsion qui passe de germe en germe à travers les individus. »⁴⁸² Ne peut-on pas opérer toutefois un rapprochement entre ce que Bergson nomme « élan originel » et « ce message qui nous vient du fond des âges » dont parle Monod quand il écrit que « dans l'ontogénèse d'une protéine fonctionnelle, l'origine et la filiation de la biosphère entière se reflètent et la source ultime du projet que les êtres vivants représentent, poursuivent et accomplissent, se révèle dans ce texte précis, mais essentiellement indéchiffrable que constitue la structure primaire » ?⁴⁸³

Nous sommes donc conduits ici à distinguer, selon les différents éclairages menés par ces auteurs, le registre de la causalité matérielle et efficiente naturelle et celui d'une interprétation métaphysique qui ouvrirait sur une entité trans-causale, qui bien entendu, ne fait pas partie du champ de la recherche scientifique.

À l'éclairage de ces points de vue, peut-on concevoir, oui ou non, une explication de l'œil par le hasard ?

Une première remarque s'impose convoquant la considération de l'ensemble de la nature et en particulier, l'existence de faisceaux lumineux qui sont une des conditions d'apparition de cet organe de l'œil : cette considération relativise beaucoup l'idée d'une émergence totalement par hasard. Si l'œil a pu émerger, c'est bien qu'entre lui et la nature existe une forme de connaturalité. Comme le met clairement en relief Pascal Nouvel, « l'œil n'existerait pas s'il n'y avait pas, dans la nature, des rayons lumineux à la faveur desquels la réalité peut révéler son contenu à l'appareil optique qu'il constitue. »⁴⁸⁴

Avec cette dernière considération prise aussi en compte, ce débat nécessite un arbitrage, cherchant, tout en interprétant les propos mêmes de Monod, à clarifier les niveaux de discours possibles. Quel arbitrage peut être opéré au terme d'une telle confrontation ?

« Jeu aveugle », expression tenable tant scientifiquement que métaphysiquement, puisqu'elle réserve la possibilité d'une cause intelligente capable de le guider, jeu totalement « arbitraire », là est toute la question.

Selon Monod, le projet de voir s'effectue en vue de la reproduction. En cela, il introduit une double finalité : une stricte, voir pour capter des images, une plus large : voir pour choisir un

⁴⁸² H. Bergson, (1981) p. 86.

⁴⁸³ J. Monod, (1970) p. 129.

⁴⁸⁴ Pascal Nouvel (2011) p. 88.

partenaire. En fait, si cette puissance de connaissance et de repérage est à l'œuvre dans un être vivant, pourquoi ? Monod ne peut y répondre scientifiquement : scientifiquement parlant, Monod affirme que par la vue, l'homme voit ; par la vue, l'homme choisit un partenaire et la vue est une mise en place de fonctions de plus en plus complexes et performantes tout au long de l'évolution. La source du projet se trouve au cœur d'une structure physique bien définie qui se déploie à travers le temps. C'est la réponse de la science biologique et celle-ci s'arrête là.

La question de la source de la structure en tant que telle, et de l'orientation dont elle fait preuve n'est pas interrogée, car pour y répondre, on pourrait émettre l'hypothèse d'un agent intelligent qui en aurait permis l'existence, et vers lequel seul un raisonnement inductif permettrait de remonter, en l'absence de toute « preuve » scientifique, tant il est vrai que si cet agent existe, il n'est pas et ne pourra jamais être, en raison de sa nature immatérielle, scientifiquement testable.

Si Monod a voulu dire que l'émergence de l'organe visuel ne réclame à aucun point de vue rationnel, fût-il non scientifique, une orientation dans la matière permettant l'explication de l'œil comme projet, il outrepassé le postulat méthodologique d'objectivité énoncé.⁴⁸⁵ Est-ce ce qu'il fait en faisant reposer en dernière analyse tout l'édifice de la téléonomie sur le hasard qui, seul dans la biosphère, permet l'émergence de formations nouvelles ? À son avis, c'est le simple jeu de forces aveugles qui permet la formation de l'œil. Si ces forces sont complètement aveugles, en quoi l'hypothèse d'un agent intelligent peut-elle encore avoir sa raison d'être sur un plan métaphysique ? On peut suggérer que ces forces elles-mêmes aveugles puissent être guidées par un Créateur qui les pose et les soutient dans l'existence. La dernière observation concernant cette « loi directionnelle » avait semblé évoquer une possible orientation mais elle relève en définitive, elle aussi, d'après Monod, du hasard lié aux changements provoqués par ce que la thermodynamique a permis de mettre en lumière, à savoir la flèche du temps.

Si, en revanche, Monod exprime simplement une limitation des résultats de la recherche biologique, il opte dès lors pour un non-empiètement sur la question d'une possible « superintendance divine », au sens employé par Gould, régi par le principe du NOMA :⁴⁸⁶ il expose dès lors un point de vue tout à fait cohérent, laissant ouverte une possible explication reposant sur un principe métaphysique ne relevant pas du domaine scientifique. Il utilise le terme projet, non pas au sens d'un « vouloir intelligent », qui ne relève pas des compétences

⁴⁸⁵ J. Monod, (1970) p. 25.

⁴⁸⁶ S. J. Gould, (2000), p.19. Et aussi: « *Non-overlapping magisteria* » *Natural History* 106 (mars 1997) p 16-22. Voir aussi (1999).

de la science, mais au sens de performance purement fonctionnelle, en nommant la source matérielle permettant ce projet, sans préjuger de savoir si cette source matérielle requiert ou non un agent immatériel, ce qui n'est pas de son ressort.

Le seul problème scientifique qui persiste est tout de même de savoir s'il ne fait pas, sur un plan strictement scientifique s'entend, la part trop belle au hasard, ce qui pose tout de même question en métaphysique car ce rôle exclusif dévolu au hasard, à l'origine de toutes les structures et performances, n'évacue-t-il pas la nécessité d'un agent intelligent, source de tout l'univers créé ? Ou bien devons-nous dire, si être intelligent il y a, qu'il laisse faire le hasard ? Ces questions feront l'objet d'une mise au point lors de notre deuxième partie.

Monod, affirmera, en tout cas, à juste titre, que la recherche scientifique ne peut résoudre la question du sens. « Le problème du sens est l'un de ceux qu'aucune réponse scientifique ne pourra jamais donner. »⁴⁸⁷ Cette remarque est présente dans un texte intitulé « On values in the Age of Science » dont nous donnons une traduction en annexe, extrait de l'étude portant *La place de la valeur dans un monde de faits*. En ce sens, la question de la formation des êtres vivants et de leur finalité se pose à un autre point de vue. Car, en définitive, peut-on résoudre la question de l'ordre dans le vivant et donc celle plus précise de « projet », sans se rattacher d'une manière ou d'une autre à la question du sens, et à la démarche qui vise à dégager un principe intelligible et intelligent au fondement de la réalité sensible, quand bien même ce principe échapperait à toute investigation scientifique ? En un sens, on peut résoudre cependant la question de projet de façon strictement scientifique si le projet est décrit en termes fonctionnels, non intentionnels, mais nous voyons que cette description ne peut pas constituer son explication intégrale et ultime, à moins que le monde et les vivants au sein du monde naturel n'aient pas de sens, ce qui ne va pas de soi.

4) Les lois de la physique et de la chimie, appliquées au vivant, par la biologie moléculaire.

Tous les éléments de la nature sont régis par des lois, qu'il s'agisse de la matière inerte ou du vivant. Meyerson appelle ces lois, qui décrivent un lien obligatoire entre des éléments de la nature des « propriétés »⁴⁸⁸. Les différentes sciences de la physique, de la chimie, de la biochimie et de la biologie moléculaire étudient tous les éléments de la nature et toutes les lois liées aux éléments de cette nature. Ce terme de loi est défini comme « une certaine

⁴⁸⁷ J. Monod, (1969), « On values in the age of science » *In: The place of value in a world of facts, Nobel symposium*, n°14, p. 20.

⁴⁸⁸ Meyerson (1951).

généralisation décrivant la manière selon laquelle un certain aspect du monde naturel se comporte dans des circonstances données. »⁴⁸⁹ Dans l'article écrit par Alexis Bienvenu sur « la loi dans les sciences », il est dit que « la notion de loi désigne un énoncé, déterministe ou probabiliste, reliant mathématiquement plusieurs variables. »⁴⁹⁰ La loi, telle qu'elle est désignée, connaît de profonds changements, en lien avec les découvertes scientifiques au long des siècles : « La forme des lois physiques emprunta d'abord chez Descartes et Newton, par exemple, le langage géométrique des proportions. C'est seulement à l'extrême fin du XVII^e siècle que le formalisme infinitésimal commença à être employé en physique. » Depuis la fin du XVIII^e siècle s'amorce une définition de la loi envisagée comme description d'une relation constante entre deux paramètres. Au XIX^e siècle, dans *La science et l'hypothèse*, en 1891, Poincaré attire l'attention sur la nature conventionnaliste des hypothèses géométriques, énonçant qu' « une géométrie ne peut pas être plus vraie qu'une autre ; elle peut être seulement plus commode. »⁴⁹¹ De plus, au XIX^e siècle est pris nouvellement en compte le caractère statistique des lois physiques avec Boltzmann et Maxwell, et le facteur de l'irréversibilité du temps, comme l'émet le second principe de thermodynamique. Plus tard, comme ceci est souligné dans l'article du *Dictionnaire* que nous venons de mentionner plus haut, « la relativité restreinte de 1905 changea la signification des variables temporelles et spatiales en les particularisant pour chaque repère. La relativité générale de 1915 introduisit un nouveau type de lois physiques : les équations covariantes. Enfin, la mécanique quantique inaugura un nouveau type d'outils en physique, les opérateurs matriciels observables, remplaçant les grandeurs classiques. » Ce petit historique va de pair avec de nombreuses controverses sur le statut même des lois en question. « Le statut à attribuer à ses lois a autant varié : après plusieurs siècles de controverse sur l'articulation entre l'action de Dieu et les lois de la nature, les débats actuels se jouent schématiquement entre les réalistes, pour qui la nature est gouvernée par des lois auto-subsistantes, et les instrumentalistes pour qui ces lois sont seulement des artefacts utiles à l'esprit. Entre ces pôles s'organisent une multitude de « troisièmes voies » : pragmatistes, wittgensteiniens, néo-kantiens, etc., désirant trouver une articulation entre l'ambition explicative des lois, qui visent à trouver des causes aux phénomènes et leur utilisation simplement prédictives qui se satisfait de prévoir numériquement des résultats. »⁴⁹² Ainsi, cette notion de « loi » peut donc s'entendre à l'époque contemporaine soit au sens conventionnaliste, comme ne renvoyant pas à la nature

⁴⁸⁹ Terme utilisé dans la description de la nature de la science, adapté de *Teaching about evolution and the Nature of Science* par la National Academy of Sciences (Washington, D C: National Academy Press, 1998)

⁴⁹⁰ Michel Blay (sous la dir. de), (2003) p. 624.

⁴⁹¹ H. Poincaré (1943), pp. 66-67.

⁴⁹² Michel Blay (sous la dir. de), (2003) p. 624.

du réel, soit en un sens réaliste, renvoyant au contraire à la nature du réel. Les deux points de vue s'opposent et plusieurs voies intermédiaires, comme celle de Wittgenstein par exemple, vont s'ouvrir entre les tenants d'une visée simplement prédictive et les tenants d'une visée totalement explicative.

Nous pouvons, pour commencer notre étude, nous reporter au point 3) du chapitre 2 de notre analyse structurale en annexe où il est question du point de vue de Monod concernant les lois du vivant, qui concernent tant les lois de la chimie que celles de la physique.

a) Les lois de la chimie.

F. Jacob explique le passage à une nouvelle conception de la chimie qui ne considère plus le minéral et l'organique comme deux régions séparées, totalement étanches, en particulier, grâce à la découverte de Berthelot. Voici, en effet, ses propos à ce sujet dans *La logique du vivant* : « Il faudra attendre que Berthelot produise de l'acétylène à partir du carbone et de l'hydrogène pour que tombe la barrière élevée par les chimistes entre organique et minéral. »⁴⁹³

Il serait possible de convenir de cette définition de Michel Delsol de la vie conçue comme une "super-chimie." ⁴⁹⁴ Que signifie ce terme de « super » dans cette définition ? Ceci signifie dans la pensée de cet auteur que « s'il n'y a pas à proprement parler de différence de nature entre les phénomènes chimiques et les phénomènes biologiques, il y a, par contre, entre eux une considérable différence de degré. En effet, la complexité des phénomènes biologiques est tellement incommensurable par rapport aux phénomènes décrits par la chimie que le biologiste n'ose même plus parler de loi ». ⁴⁹⁵

Plusieurs **lois de la chimie dans le vivant** ressortent de l'analyse de Monod dont fait état. Nous ne soulignerons ici que deux aspects concernant la chimie des vivants, ceux-là mis en valeur dans *HN*. Nous allons d'abord mentionner la catégorie optique du vivant, à la suite de Monod, avec le caractère lévogyre de tous les corps, ce qui donne matière pour lui à réflexion, puisque sont exclus des êtres vivants les corps dextrogyres qui existent pourtant en chimie ordinaire, au même titre que les corps lévogyres. Il s'agit là d'une propriété particulière du vivant, universalisable à tout le règne des vivants. Ensuite, nous évoquerons la loi des liaisons faibles caractéristiques de la chimie du vivant, se rattachant par là également à la physique.

Traitons d'abord de la loi selon laquelle toute cellule d'organisme vivant est un corps lévogyre. Le fait que la réaction enzymatique produise exclusivement l'un des isomères, celui de la série

⁴⁹³ F. Jacob, (1970), p. 108.

⁴⁹⁴ M. Delsol, (2007), p. 158

⁴⁹⁵ M. Delsol, (2007), p. 145 et pp. 158-160

L, dit isomère « naturel », vu que les acides aminés entrant dans la composition des protéines appartiennent tous à la série L, conformément à la démonstration dans *HN*⁴⁹⁶, ce fait représente une façon, pour le vivant de se conformer aux lois de la physique et de la chimie mais en les orientant dans un sens particulier, ce qui offre matière à réflexion. Rappelons que Monod l'explique en partie par la stéréospécificité en ces termes : « La discrimination rigoureuse exercée par l'enzyme entre les isomères optiques ne constitue pas seulement une illustration frappante de la spécificité des enzymes. En premier lieu, on trouve là l'explication du fait, longtemps mystérieux, que parmi les nombreux constituants chimiques cellulaires qui sont dissymétriques (c'est le cas en fait de la majorité) un seul des deux isomères optiques soit, en règle générale, représenté dans la biosphère. »⁴⁹⁷

- La loi des liaisons faibles revêt une importance soulignée par Michel Morange. « La chimie du vivant, dit ce dernier, donne aux liaisons dites faibles qui permettent des interactions de courte durée entre macromolécules ou partie de macromolécules, une importance majeure. »

⁴⁹⁸

D'autres applications des lois du vivant se rattachent de façon très stricte tant à la chimie qu'à la physique, telle la loi à laquelle obéit le repliement des protéines. « Le repliement des protéines s'effectue spontanément, en respectant simplement les lois de la cinétique et de la thermodynamique chimiques. », indique Michel Morange⁴⁹⁹.

b) Les lois de la physique :

A propos des lois de la physique, après avoir mentionné brièvement ce que Monod signale sur le principe d'identité en physique, nous ferons surtout état du second principe de la thermodynamique, référence récurrente dans *HN* appliquée au vivant, avant d'entamer une discussion sur ces thèmes.

Monod estime qu'il existe une confirmation par la physique quantique du principe d'identité. Après avoir distingué le principe d'identité de la physique classique, simple opération logique, de ce même principe en physique quantique, qui pose l'identité absolue de deux atomes au même état quantique, voici ce qu'il en conclut : « Il semble donc qu'on ne puisse plus aujourd'hui restreindre le principe d'identité au statut de simple règle pour la conduite de l'esprit : il faut admettre qu'à l'état quantique au moins il exprime une réalité substantielle. »⁵⁰⁰

⁴⁹⁶ J. Monod, (1970) p. 74

⁴⁹⁷ J. Monod, (1970) p. 73.

⁴⁹⁸ M. Morange, (2012) p. 52.

⁴⁹⁹ M. Morange, (1998), p. 193.

⁵⁰⁰ J. Monod (1970), p. 135.

Quant à ses réserves vis-à-vis de Nils Bohr, Monod reste hésitant à partir du moment où il reconnaît la valeur du principe d'incertitude en physique quantique mis en lumière par Heisenberg. Il dit en effet dans ce passage : « Il existe enfin, à l'échelle microscopique, une source d'incertitude plus radicale encore, enracinée dans la structure quantique de la matière elle-même. Or, une mutation est en soi un événement microscopique, quantique, auquel par conséquent s'applique le principe d'incertitude, événement donc *essentiellement* imprévisible par sa nature même. »⁵⁰¹ Ici, il faut se demander si pourtant ce hasard ne relève pas plutôt du hasard « opérationnel » car dépendant des lois des probabilités. Cependant Monod semble déjouer aussitôt l'argument : « Comme on sait, le principe d'incertitude n'a jamais été entièrement accepté par certains des plus grands physiciens modernes, à commencer par Einstein qui disait ne pouvoir admettre que " Dieu joue aux dés." Certaines écoles ont voulu n'y voir qu'une notion purement opérationnelle, mais non essentielle. Tous les efforts faits pour substituer à la théorie quantique une structure plus " fine", d'où l'incertitude aurait disparu, se sont cependant soldés par des échecs et bien peu de physiciens paraissent disposés à croire aujourd'hui que ce principe ne pourra jamais disparaître de leur discipline. »⁵⁰² Il est intéressant de voir que Monod voit avec la révolution quantique la possibilité d'affirmer le principe d'identité réel entre deux atomes au même état quantique. Monod affirme : « En physique moderne, l'un des postulats les plus fondamentaux est l'identité absolue de deux atomes se trouvant au même état quantique. »⁵⁰³ Et il en déduit « la valeur de représentation absolue, non perfectible, accordées aux symétries atomiques et moléculaires en théorie quantique. » Dans la remarque suivante, il opère un glissement du « il semble » au « il faut admettre » : « Il semble donc qu'on ne puisse aujourd'hui restreindre le principe d'identité au statut de simple règle pour la conduite de l'esprit : il faut admettre qu'à l'échelle quantique au moins il exprime une réalité substantielle. »⁵⁰⁴

Cependant Monod est à la croisée de la science de la physique classique et de la physique quantique, et ne tranche pas en faveur de l'affirmation de ce principe d'incertitude. C'est ce que donne à comprendre en effet la remarque suivante : « Quoi qu'il en soit, il faut souligner que, quand bien même le principe d'incertitude devrait être abandonné, il n'en demeurerait pas moins qu'entre le déterminisme, fût-il entier, d'une mutation de séquence dans l'ADN et celui de ses effets fonctionnels au niveau des interactions de la protéine, on ne pourrait encore voir "qu'une coïncidence absolue" et donc du hasard essentiel. »⁵⁰⁵

⁵⁰¹ J. Monod, (1970) p. 41.

⁵⁰² J. Monod, (1970) p. 150.

⁵⁰³ J. Monod, (1970) p. 135.

⁵⁰⁴ J. Monod, (1970) p. 135.

⁵⁰⁵ J. Monod, (1970) p. 150.

De plus - et cette considération est tout à fait majeure dans l'ordre de réflexion menée par Monod - Monod pense, contre les vitalistes, qu'il n'y a pas de nécessité d'inventer des lois biotoniques : tout peut s'expliquer par les lois de la physique. C'est en ce sens qu'il s'étend **sur la signification du deuxième principe de la thermodynamique, qui n'est en rien contredit par les lois de l'organisation d'un système vivant.** « Un enzyme, dira-t-il, est un démon de Maxwell qui ne viole aucun principe mais qui les utilise pour orienter une réaction dans une direction voulue. »⁵⁰⁶ Monod, tout comme Lwoff dans *L'ordre biologique*, pense le vivant comme machine à « remonter la pente » de l'entropie, ce qu'ils nomment la néguentropie. On peut suggérer ici l'influence de Bergson dans le choix de cette expression. En effet, on lit dans *l'Évolution créatrice* qu'il y a « dans la vie un effort pour remonter la pente que la matière descend [...]. La vie est un mouvement, la matérialité est un mouvement inverse. »⁵⁰⁷ Ce terme de « néguentropie » est un mot forgé la première fois par Brillouin,⁵⁰⁸ préfiguré par le terme d'« entropie négative » provenant de Schrödinger. D'ailleurs Monod reconnaît l'apport de Brillouin à la fin du chapitre 3, traitant des protéines comme des démons de Maxwell. Rappelons ce passage : « La clé du paradoxe (des démons de Maxwell) fut donnée par Léon Brillouin, s'inspirant d'un travail antérieur de Szilard : il démontre que l'exercice de ses fonctions cognitives par le démon devait *nécessairement* consommer une certaine quantité d'énergie qui, dans le bilan de l'opération, compensait précisément la diminution d'entropie du système. En effet, pour que le démon ferme la trappe « en connaissance de cause », il faut qu'au préalable il ait mesuré la vitesse de chaque particule de gaz. Or, toute mesure, c'est-à-dire, toute *acquisition d'information*, suppose une interaction par elle-même consommatrice d'énergie. Ce célèbre théorème est l'une des sources des conceptions modernes relatives à l'équivalence entre l'information et l'entropie négative. »⁵⁰⁹ Il est clair que les organismes vivants « résistent » au second principe, même s'ils ne résistent que pour un temps. Il dit au chapitre 1, « D'étranges objets » de *HN* : « L'invariance paraît en effet, dès l'abord, constituer une propriété profondément paradoxale, puisque le maintien, la reproduction, la multiplication de structures hautement ordonnées paraissent incompatibles avec le deuxième principe de la thermodynamique. Ce principe impose en effet que tout système macroscopique ne puisse évoluer que dans le sens de la dégradation de l'ordre qui le caractérise. »⁵¹⁰ Mais il poursuit en restreignant cette analyse qui ne reste valable que sous certaines conditions et qui devient caduque autrement :

⁵⁰⁶ J. Monod (1969-1970), 4ème leçon au Collège de France, pp. 31-32.

⁵⁰⁷ H. Bergson, (1966) *L'évolution créatrice*, [1906] pp. 246-250.

⁵⁰⁸ L. Brillouin, (1959) p. 90.

⁵⁰⁹ J. Monod, (1970) pp. 82-83.

⁵¹⁰ J. Monod, (1970) en bas de la p. 34.

« C'est dans ce sens, trouve-on en effet dans les *Appendices*, que l'on dit que le deuxième principe prévoit la *dégradation* inéluctable de l'énergie au sein d'un système isolé, tel que l'Univers. » Il ajoute que « Si l'accroissement d'entropie mesure l'accroissement du désordre dans un système, un accroissement d'ordre correspond à une diminution d'entropie, ou, comme on préfère parfois le dire, à un enrichissement en entropie négative...(...) Il reste légitime de considérer que l'un des énoncés fondamentaux de la théorie de l'information, à savoir que la transmission d'un message, s'accompagne nécessairement d'une certaine dissipation de l'information qu'il contient, est l'équivalent, en informatique, du deuxième principe en thermodynamique. »⁵¹¹

Monod fait donc valoir qu'un accroissement local ne contredit pas une entropie généralisée. Il s'attache à le montrer tant du point de vue de l'entropie d'un être particulier, un cristal ou un organisme, que de celui plus large de l'ensemble des organismes au cours de l'évolution.

Sur l'exemple du **cristal**, il étudie le phénomène de cristallisation d'une solution saturée, en faveur de cet accroissement local qui ne manque pas de faire augmenter d'autant l'entropie : celui de la cristallisation. « La thermodynamique d'un tel système, dit-il, est bien comprise. L'accroissement local d'ordre, que représente l'assemblage de molécules initialement désordonnées en un réseau cristallin parfaitement défini, est « payé » par un transfert d'énergie thermique de la phase cristalline à la solution : l'entropie (le désordre) du système dans son ensemble augmente de la quantité prescrite par le deuxième principe. »⁵¹²

Monod fait valoir ce même type d'argument à propos du degré d'ordre que représente **un organisme**. Il prend l'exemple d'une bactérieensemencée dans un milieu nutritif riche, et constate la multiplication de ces bactéries et « que, comme dans le cas de la cristallisation, l'entropie de l'ensemble du système (bactéries + milieu) a augmenté d'un peu plus que le minimum prescrit par le deuxième principe. » Il en conclut que « La structure extrêmement complexe que représente la cellule bactérienne a été non seulement conservée mais multipliée plusieurs milliards de fois, et que la dette thermodynamique qui correspond à l'opération a été dûment réglée. »⁵¹³ En effet, comme François Jacob le fait pertinemment remarquer, pour Maxwell, l'information était gratuite, tandis que pour Szilard et Brillouin, elle « se paie »,⁵¹⁴ expression que l'on retrouve aussi chez Monod.

⁵¹¹ J. Monod, (1970) p. 244.

⁵¹² J. Monod, (1970) p. 35.

⁵¹³ J. Monod, (1970) p. 36.

⁵¹⁴ F. Jacob, (1970) p. 270.

Monod affirme que les cellules ne se contentent pas d'obéir aux lois de la thermodynamique mais qu'elles les utilisent, pour accomplir le projet de toute cellule : devenir deux cellules.⁵¹⁵

À la fin du chapitre 4, « les démons de Maxwell », il souligne que la fonction créatrice d'ordre des enzymes « n'est pas gratuite ; elle a lieu aux dépens d'une consommation de potentiel chimique. »⁵¹⁶ Au chapitre 5 de *HN*, « Ontogenèse moléculaire », Monod fait remarquer également, dans le même sens, que les protéines à la forme repliée ont un gain de stabilité, « d'où un gain d'ordre (ou de néguentropie) compensé par l'expulsion de molécules d'eau, qui, libérées, vont accroître le désordre, c'est-à-dire l'entropie du système. »

À propos de la cohérence du second principe avec l'ensemble des organismes au cours de l'évolution, nous pouvons citer le point 2) du chapitre 7 de notre analyse structurale, qui y fait référence, dans le passage qui a pour sous-titre **l'irréversibilité de l'évolution et le deuxième principe**. Le voici : « une mutation simple est réversible. Mais toute évolution, résultant de nombreuses mutations indépendantes puis recombinaisons par la sexualité, est statistiquement irréversible. Ce processus définit une direction dans le temps, la même que celle qu'impose le second principe de la thermodynamique qui constate l'accroissement de l'entropie. Loin de le contredire, l'irréversibilité apparaît comme une expression de ce principe qui n'exclut pas qu'un système faible et de courte durée puisse remonter la pente de l'entropie. Il n'est pourtant pas surprenant que la tendance ascendante de l'évolution continue de faire problème et que la théorie darwinienne moléculaire soit encore suspecte aux yeux de bon nombre de biologistes et de philosophes. Cela faute de concevoir l'inépuisable richesse de la source du hasard. » L'analyse intégrale de cet aspect irréversible des phénomènes se trouve présente dans le chapitre traitant de l'évolution.⁵¹⁷

Canguilhem souligne qu'avec cette réflexion menée sur la néguentropie dans la *Logique du vivant* par François Jacob, mais aussi par Jacques Monod, la biologie moderne moléculaire a presque annulé sa dimension qualitative. Ce dernier explique que la « force vitale » a été remplacée par la notion d'« énergie » : « Pour la biologie moléculaire, l'ordre moléculaire, ce choix entre des structures possibles s'interprète par les concepts d'entropie et d'information. Pour la chimie organique du début du XIX^e siècle, il faut bien faire intervenir une force mystérieuse pour assigner leur place aux atomes. »⁵¹⁸

La différence entre l'ordre et le désordre n'est plus d'ordre qualitatif mais devient purement **statistique**. En cela, Monod adopte la conception de Boltzmann révolutionnant les vues de Maxwell et de Carnot-Clausius. Qu'apporte effectivement la précision de Boltzmann par

⁵¹⁵ J. Monod, (1970) p. 36.

⁵¹⁶ J. Monod, (1970) p. 83.

⁵¹⁷ J. Monod, (1970) pp. 160-161.

⁵¹⁸ F. Jacob, (1970) p. 123 et p. 213.

rapport au principe de Carnot-Clausius ? Boltzmann, à la fin du XIX^e siècle, dans la perspective de la théorie cinétique des gaz, a démontré que l'entropie est une « mesure du degré de désordre d'un système physique à l'état moléculaire. »⁵¹⁹ Cette interprétation statistique de la thermodynamique est aujourd'hui universellement admise par tous les physiciens. Selon cette interprétation, l'entropie d'un système apparaît comme directement reliée par la formule de Boltzmann : $S = k \log W$ à la probabilité W qu'a le système de se trouver dans l'état considéré. Le second principe de la thermodynamique, principe de Carnot-Clausius ou de l'augmentation de l'entropie reçoit alors une interprétation simple et presque intuitive : il exprime la tendance qu'a tout système à évoluer vers des états de plus grande probabilité, c'est-à-dire de plus grand désordre. Ainsi, l'apport le plus considérable de Boltzmann, comme l'explique Jacob,⁵²⁰ est qu'avec lui, la seconde loi de la thermodynamique finit par n'être plus qu'une loi statistique, qui s'applique non pas sur des individus, comme le rêvait encore Maxwell, mais à l'échelle de grandes populations. Boltzmann explique la chaleur par la vitesse très accélérée des particules en mouvement qui, quand elles viennent choquer, les plus froides, donc les plus lentes, les mettent également, toutes proportions gardées, en mouvement plus rapide, ce qui fait que l'on peut passer du froid au chaud ou tout au moins au tiède et non inversement.

Pourquoi une telle insistance de la part de Monod sur la thermodynamique ? Une des réponses est que la thermodynamique est la seule théorie physique rendant compte de la flèche du temps et s'appliquant donc directement à fonder l'évolution. Monod souligne très clairement cet aspect au chapitre 7 « Évolution » : « L'évolution dans la biosphère, dit-il, est donc un processus nécessairement irréversible, *qui définit une direction dans le temps* ; direction qui est *la même* que celle qu'impose la loi d'accroissement de l'entropie, c'est-à-dire, le deuxième principe de la thermodynamique. »⁵²¹ Monod montre que l'évolution, loin de ressembler à la force de ce principe, en est une expression ; il appuie cette thèse sur le caractère statistique identique de leurs objets : « Il s'agit bien plus que d'une simple comparaison. Le deuxième principe est fondé sur les considérations statistiques *identiques à celles qui établissent l'irréversibilité de l'évolution.* »⁵²² Là encore, Monod insiste sur le fait qu'un accroissement local ne contredit en rien ce principe : « Le second principe, ne formulant qu'une prédiction statistique, n'exclut pas, bien entendu, qu'un système macroscopique quelconque ne puisse, dans un mouvement de très faible amplitude et pour une durée très courte, remonter la pente

⁵¹⁹ J. Swyngedauw, (1990) p. 74.

⁵²⁰ F. Jacob, (1970) p. 217.

⁵²¹ J. Monod, (1970), p. 160.

⁵²² J. Monod, (1970), p. 160.

de l'entropie. »⁵²³ « En ce sens, l'évolution sélective [...] constitue une sorte de machine à remonter le temps. »⁵²⁴

DISCUSSION sur les lois de la chimie et de la physique appliquées au vivant. :

Nous reviendrons, au début de cette discussion sur le caractère remarquable des lois de la chimie du vivant. Ensuite, nous aborderons les questions des lois physiques. Nous reviendrons, en particulier, brièvement sur le principe d'identité dont le caractère substantiel est problématiquement affirmé par Monod dans la physique quantique. Puis surtout, nous présenterons les problèmes qu'a pu faire surgir l'interprétation du second principe de thermodynamique appliqué au vivant : la question de l'équivalence entre néguentropie et affirmation, la possibilité d'accroissement local dans un ordre généralisé d'entropie. Enfin, nous nous interrogerons sur le fait que Monod insiste tant dans chacun de ces chapitres de *HN* sur ce respect du second principe. Enfin, nous ferons valoir à quel titre ces lois peuvent soulever un questionnement métaphysique distinct des considérations scientifiques concernant les lois physico-chimiques

À propos des lois de la chimie, que le seul état des corps soit d'être lévogyre paraît un fait remarquable et étonnant. Cette régularité a sans doute quelque chose à nous dire du « secret de la vie » par comparaison avec tout corps dépourvu de vie dont les possibilités dextrogyres et lévogyres sont quasi-équivalentes. Pourquoi cette spécificité stérique des enzymes s'opère-t-elle uniquement en ce sens ? À cet égard, l'analyse d'Elsässer revêt sûrement une certaine pertinence : « Nous admettons qu'il y a dans le royaume des organismes, dit-il, des régularités dont l'existence ne peut être logico-mathématiquement déduite des lois de la physique, bien qu'on ne puisse établir aucune contradiction entre ces réalités et les lois de la physique. En bref, l'existence de ces régularités ne peut être ni prouvée ni réfutée à partir des lois de la physique. Les questions concernant la dérivation de ces régularités à partir des lois de la physique appartiennent à la classe des insolubles. »⁵²⁵

En ce qui concerne les lois de la physique, il semble étonnant que Monod voie, dans le principe d'identité établi par la physique quantique, un principe d'identité substantiel. De plus, Monod ne fait jamais mention du principe d'exclusion de Paul, connu à l'époque, qui a contribué à repenser la chimie selon les combinaisons électroniques. Principe de

⁵²³ J. Monod, (1970) p. 160.

⁵²⁴ J. Monod, (1970) p. 161.

⁵²⁵ Walter M. Elsässer, *Atome et organisme, une nouvelle approche de la biologie théorique*, Princeton University, 1966. p.

différenciation en ce qu'il stipule que « tout électron exclut, dans un atome, de son état quantique, défini par quatre nombres quantiques, tout autre électron. » La définition d'Alfred Kastler dans *Étrange Matière* en est celle-ci : « Une même cellule de l'espace des phases ne peut contenir au maximum que deux fermions de même espèce, et à condition que leurs vecteurs spin soient opposés. »⁵²⁶

Concernant le second principe de thermodynamique et sa compatibilité avec les systèmes vivants, Monod s'attache à montrer qu'il y a une quasi équivalence entre l'information et la néguentropie. Ce point de vue se trouve contesté à plusieurs égards. Face à cela, on peut faire valoir deux remarques :

1) L'organisme lui-même apparaît comme un système ouvert qui vit d'assimilation et d'adaptation en interaction avec les données du monde extérieur. Ainsi, le monde des organismes dans son ensemble peut ne jamais être envisagé comme un système isolé, et par conséquent, il pourrait échapper au second principe. « Cependant cette prédiction du deuxième principe n'est valable, que si l'on considère l'évolution d'ensemble d'un système énergétiquement isolé. »⁵²⁷ Est-ce à dire que Monod entend le monde du vivant comme un système ouvert ? Oui en un sens, car, le monde des organismes peut très bien être considéré comme un système ouvert, hypothèse qu'énoncera très clairement Prigogine, quelques années plus tard⁵²⁸ ; cependant ce système pourrait bien être lui-même inclus dans un système isolé, « tel que l'univers », comme l'envisage Monod dans les Appendices de *HN*, concernant la signification du deuxième principe de la thermodynamique.⁵²⁹ Mais finalement, si l'on peut envisager une fin de l'univers, le monde isolé qu'est l'univers n'aurait-t-il pas raison de tous les systèmes ouverts ? De plus, si on applique l'idée d'entropie à l'univers entier, comme le fait Monod, qui conçoit en l'univers un système isolé à part entière, cela ne revient-il pas à introduire aussi une limite dans le passé et par conséquent à en déduire que le cosmos ne peut pas être éternel ? Un argument pertinent contre une loi généralisée d'entropie qui, loin de contredire un accroissement local, le favoriserait, pourrait être le suivant : quand bien même règne la loi générale de l'entropie, si la matière s'organisait seule et était, de ce fait, de toute éternité, selon le second principe de la thermodynamique, l'entropie serait régnante car elle aurait eu déjà tôt fait de réduire à rien tous les accroissements locaux, sauf à rejallir sans cesse de ses cendres, ce qui est effectivement la conception cyclique qu'adopte Engels. Or, Monod, lui, énonce l'irréversibilité de la complexification de la matière et n'émet, sous aucun prétexte, la thèse de sa réversibilité. On peut opposer qu'un accroissement d'ordre semble

⁵²⁶ A. Kastler (1976) p. 142.

⁵²⁷ J. Monod, (1970) p. 35.

⁵²⁸ I. Prigogine et I. Stengers, (1979) p. 262.

⁵²⁹ J. Monod, (1970) p. 242.

devoir être plus élevé que la simple dépense de l'entropie le concernant, car sinon, il serait déjà dans l'état du plus grand désordre.

2) À partir de la supposition de Monod, tenue dans cet appendice, que l'univers soit un système fermé, on pourrait opposer qu'un accroissement d'ordre semble devoir être plus élevé que la simple dépense de l'entropie le concernant, car, sinon, il serait déjà dans l'état du plus grand désordre. Pour reprendre l'argument de Monod montrant l'application de la régularité du deuxième principe de la thermodynamique dans le cas d'un système isolé, peut-on effectivement considérer l'univers lui-même tout entier comme un système énergétiquement isolé, ce qui reviendrait à pouvoir lui appliquer le principe de thermodynamique dans tous les points de son espace ?

Et un accroissement local est-il compatible avec une entropie générale ? Pour reprendre la question selon un autre point de vue, à partir de la loi de la thermodynamique et de l'effet de désordre auquel on doit s'attendre, et en le confrontant à l'argumentation de Monod, on peut faire valoir le contre-argument que donne Swyngedauw qui insiste sur le fait qu'« une organisation spontanée de la vie est contraire au second principe dans la forme de Boltzmann. » En effet, souligne ce dernier, « tout système matière-énergie » qu'il soit *ouvert ou fermé* est soumis au second principe dans la forme proposée par Boltzmann qui a montré qu'un système matière-énergie à l'état moléculaire, c'est le cas des matériaux de la vie, tend à évoluer vers les états de plus grande probabilité. Il n'a donc aucune chance de s'organiser spontanément. »⁵³⁰ On a pu dire que Monod parle avec raison de « l'organisation spontanée » mais qu'il n'en donne pas véritablement la raison.⁵³¹ Swyngedauw entend distinguer entropie négative et néguentropie. La néguentropie serait véritablement l'analogie de l'information. « Comment l'information s'introduit-elle dans le système matière-énergie de la terre primitive ? »⁵³² Les théoriciens de la cybernétique ont mis en évidence qu'elle joue un rôle analogue à celui de la néguentropie dans les systèmes matière-énergie. L'information et la néguentropie d'un système sont mesures de l'ordre et de l'organisation qui y règnent. Elles évoluent parallèlement. Elles ne croissent jamais spontanément. »⁵³³ Il prend alors l'exemple de bactéries, pour considérer un organisme en croissance : « Une illustration du rôle très caractéristique de l'information est fournie par les organismes en croissance, une culture microbienne par exemple : de la matière dispersée dans le bouillon de culture (sucres et molécules azotées) passe à l'état organisé au sein de l'espace intérieur de l'ensemble des corps bactériens qui s'en nourrissent grâce à l'information apportée par l'ADN. Il en résulte

⁵³⁰ J.Swyngedauw, (1990) p. 152.

⁵³¹ M.Beigbeder, (1972) p.180.

⁵³² Swyngedauw, (1990) p. 156.

⁵³³ Swyngedauw, (1990) p. 156.

une accumulation de néguentropie sous forme d'accroissement pondéral ; de la chaleur est dégagée, provenant d'une partie de l'énergie chimique qui s'est donc dégradée. Il en est de même de tous les organismes en croissance. »⁵³⁴ Ainsi, « de nature totalement différente, d'après Swyngedauw, est le transfert de matériaux adéquats, issus du milieu de culture vers les corps microbiens, qui entraîne le développement d'individus singuliers propageant le phénomène Vie. » Pour ce dernier, la néguentropie serait l'information et non pas l'entropie négative.

Si l'on veut illustrer cela par une analogie que prend Louis de Broglie, on peut évoquer la restitution d'un cours par un élève qui n'a rien à voir avec l'information délivrée dans ce cours par le professeur. La différence dans ce passage que nous allons citer est que Louis De Broglie refuse l'assimilation « neg-entropie », orthographié à l'époque de cette façon, et information : « Toute acquisition de neg-entropie par certains corps a pour contrepartie nécessaire une diminution de la neg-entropie d'autres corps. Or, en ce qui concerne l'information, les choses ne se passent pas du tout de la même façon. Lorsqu'un professeur enseigne à ses élèves les lois de la physique, il leur donne de l'information mais il n'en perd aucunement, car le fait qu'il vient d'enseigner les lois de la physique n'a pas pour conséquence qu'il ait oublié ces lois [...] On voit qu'ici l'analogie entre information et neg-entropie[...]semble ne plus se poursuivre. »⁵³⁵

Si donc l'on veut tenir compte de ces observations, et si l'on prend l'exemple de l'ensemencement d'une bactérie pris justement aussi par Monod, tendant à prouver que le prix thermodynamique est payé, il n'en reste pas moins qu'il faut au départ une bactérie dont l'information ne relève pas de la simple « néguentropie » ou de la seule « entropie négative » du système. Or, dans l'exemple sur l'ensemencement d'une bactérie⁵³⁶ qui se multiplie dans un milieu favorable, certes l'entropie de l'ensemble du système (bactéries + milieu) a augmenté du minimum prescrit par le second principe et donc la dette thermodynamique a été dûment réglée. Mais, cette bactérie avait bien une information avant d'être placée dans ces conditions ; cette information, en tant que telle, ne lui venait pas du milieu mais de sa constitution première, antérieure à ces échanges. Il faut donc absolument tenir compte que l'énergie de la bactérie, en tant qu'organisme informé, lui vient d'ailleurs avant d'être « boostée » par le milieu, information sur laquelle le milieu n'a aucune prise.

Dobzhansky, pourtant adepte et cofondateur de la théorie synthétique de l'évolution parle d'une évolution créatrice qui produit de vraies nouveautés. En matière de nouveauté dans

⁵³⁴ Swyngedauw, (1990) p. 157.

⁵³⁵ L. de Broglie, (1953), La nouvelle Revue Française, n°7, pp. 78-79.

⁵³⁶ J. Monod, (1970) bas de la p. 35.

l'évolution, Monod n'est pas loin de dire la même chose, mais il semble refuser un accroissement de l'information, qui soit plus qu'une simple négentropie. Cette position se trouve contredite à la même époque par celle de Grassé selon qui « l'apparition de nouveaux gènes est une inéluctable nécessité. Elle présuppose qu'à divers moments de l'histoire des grands phylums, de l'ADN s'est formé, sans modèle préexistant, par un procédé autre que la réplication d'une demi-molécule. »⁵³⁷ Que dit la science de la biologie en 2017 sur ce sujet ? Il est clair qu'elle entend expliquer, en partie, toute la complexité du vivant par le concept d'émergence évolutive. La thèse de Grassé est-elle définitivement obsolète ? Si délétion, inversion et fusion semblent effectivement la même partition réécrite dans l'ADN, la part d'addition est-elle toujours une simple redondance ? On découvre aujourd'hui l'immense part d'ADN non codant, qui fait l'objet de nombreuses inconnues, puisqu'on peut considérer aujourd'hui que l'ADN codant ne jouerait que pour une part d'environ 1,5% sur l'ensemble de l'ADN existant.

Enfin, il semble important d'aborder une dernière question, qui ne sera pas tranchée ici mais dont nous pensons que l'inventaire des questions serait incomplet si elle était passée sous silence : on ne peut qu'être surpris de l'affirmation de l'irréversibilité du temps définie par l'évolution et tout à la fois de sa « remontée » dans le temps, s'il est vrai que l'évolution constitue une machine à remonter le temps... Jusqu'où est-il possible de soutenir ce paradoxe ? L'évolution suit-elle ou non la flèche du temps ? Si précisément elle le remonte, elle ne la suit pas ; ou alors, c'est un temps spiralé que Monod nous proposerait ?

Qu'il y ait donc conformité des lois du vivant avec les lois de la physique et de la chimie, cela est tout à fait clair. Qu'elles en soient déduites est plus problématique, quoique scientifiquement sans doute encore tenable. Que ces lois du vivant soient orientées en effet en privilégiant l'utilisation de certains paramètres préférentiellement est scientifiquement certain. C'est cette orientation qui n'est cependant pas interrogée par Monod, pour qui la question semble réglée, pourvu que la dette énergétique soit payée. Faut-il une énergie supplémentaire pour créer de l'ordre et de l'information ? C'est en tout cas le problème que nous avons tenté de soulever avec les contre-arguments évoqués. Nous sommes devant un problème de la physique, qui loin d'être clos, est constamment repris et rediscuté, que l'on pense à Prigogine avec la considération du vivant comme système ouvert, ou à Antoine Danchin avec la critique de la notion d'ordre liée à la thermodynamique et repris totalement actuellement, à nouveaux frais, par Jérémy England, par exemple.

⁵³⁷ P-P. Grassé, (1966) p. 960.

Il reste, comme le soulignent les auteurs de *La nouvelle Alliance*, que « la loi mathématique de la propagation de la chaleur fera pour toujours de la physico-chimie une science irréductible à la dynamique classique, une science des processus. »⁵³⁸

En tout état de causes, on peut s'interroger sur le pourquoi d'un tel intérêt de Monod à prouver qu'en aucun cas ce principe ne se trouve contredit. Cela répond premièrement sans conteste à une motivation d'ordre scientifique fondée sur l'affirmation de l'irréversibilité du temps, condition *sine qua non* de l'évolution.

Par-delà cette reconnaissance fascinante de la flèche du temps, Monod entend donc justifier, sans doute, la production « d'ordre dans le vivant, rendant intégralement raison de cet ordre. Motivation parfaitement légitime méthodologiquement et qui laisse cependant ouverte la question de la raison ultime de cet ordre, sur un plan métaphysique.

Avec Swinburne, nous pensons qu'il est indispensable de distinguer en effet ce qui constitue une explication « correcte » d'une explication « ultime ». Cette distinction est présente dans le passage essentiel suivant de l'ouvrage : *Y a-t-il un Dieu ?* dans ce contexte de la prise en considération des lois physico-chimiques qui nous occupent: « Pour résumer l'explication darwinienne de la complexité des animaux et des corps humains tels qu'on les trouve aujourd'hui, nous pouvons dire qu'il fut un temps où il y avait sur terre certains corps chimiques et qu'étant donné les lois de l'évolution (notamment la reproduction avec légères variations), l'émergence d'organismes complexes devenait probable. Cette explication de l'existence de l'organisme complexe *est certainement une explication correcte mais ce n'est pas l'explication ultime* de ce fait. Pour disposer d'une explication ultime, il nous faudrait expliquer plus profondément pourquoi ces lois étaient en vigueur plutôt que n'importe quelles autres et pourquoi cette constitution chimique sur Terre. Les lois de l'évolution découlent sans nul doute des lois de la chimie qui gouvernent la matière organique dont les animaux sont faits. Et les lois de la chimie valent parce que les lois fondamentales sont en vigueur. Mais pourquoi précisément ces lois fondamentales de la physique plutôt que n'importe quelles autres ? Si les lois fondamentales de la physique n'entraînaient pas quels arrangements chimiques donnant naissance à la vie, ainsi que des variations aléatoires chez les descendants par rapport aux caractères des parentes et ainsi de suite, il n'y aurait pas d'évolution par sélection naturelle. Ainsi, étant admis qu'il y a des lois de la nature, à savoir que les objets matériels ont les uns et les autres les mêmes propriétés et les mêmes dispositions) pourquoi

⁵³⁸I. Progogine et I. Stengers, (1986), p. 381.

précisément ces lois ? »⁵³⁹ L'interrogation métaphysique porte précisément sur cette question ultime qui consiste à s'interroger sur le fait qu'il y ait des lois, et que ces lois permettent précisément la naissance de la vie. Swinburne différencie dès lors la position métaphysique matérialiste qui ne peut donner de réponse à cette question du métaphysicien théiste qui invoque un Créateur donnant à ces lois la possibilité de s'exercer à travers la matière qui dépend de lui, comme principe fondateur. « Pour le matérialiste, il ne saurait y avoir d'explication au fait que ce soient précisément ces lois. Pour le théiste, Dieu a des raisons de produire ces lois puisque ces lois entraînent finalement l'évolution des animaux et des hommes. »⁵⁴⁰

« Même si les lois de la physique sont telles qu'elles donnent lieu à des lois d'évolution d'organismes complexes à partir d'une soupe primitive de matière, les animaux et les êtres humains n'évolueront que s'il y a, au départ, une soupe primitive constituée des ingrédients chimiques appropriés. »⁵⁴¹

5) Les énigmes non résolues de la biologie.

Prenons connaissance de l'intégralité du chapitre 8 « Les frontières », résumé, si l'on veut, dans notre présentation, pour le commenter ensuite. Nous sommes en présence des trois grandes étapes qui ont pu conduire à l'apparition des premiers organismes : phase « de la soupe pré-biotique » ; puis la formation des macromolécules, enfin, la cellule primitive liée au développement des performances de la structure répliquative.

Après l'examen de ces premières réalisations effectuées, l'histoire de la vie est actuellement assez bien restituée.

On peut écrire de nos jours, une histoire de la vie relativement cohérente, à laquelle souscrirait très probablement Monod, qui remonterait environ à 3 Milliards d'années que résume très bien le récit, brossé à grands traits sur de telles échelles de longueur de temps, qu'en fait Kenneth Miller que nous nous permettons de relater ici. « Les fossiles contenant les premiers signes de vie remontent à l'ère protérozoïque, et beaucoup ont plus de 3 milliards d'années. Les fossiles formés durant cette ère contiennent des empreintes microscopiques nettes de cellules procaryotes, cellules qui (comme la bactérie moderne) n'ont pas de noyau. C'est tout ce qu'il y eut durant les 3 milliards d'années suivantes, soit une grande partie de l'histoire terrestre. Puis, il y a de cela environ 1,5 milliards d'années, apparut la première d'une série de nouveaux fossiles microscopiques, dont les cellules laissent apparaître des traces de ce qui serait un noyau. La cellule eucaryote, avec des informations génétiques à l'intérieur du noyau

⁵³⁹ R. Swinburne, (2009) p. 63.

⁵⁴⁰ R. Swinburne, (2009) p. 64.

⁵⁴¹ R. Swinburne, (2009) p. 64.

venait enfin de voir le jour. Alors qu'il lui avait fallu 2 milliards d'années pour obtenir un noyau, la vie n'eut besoin que de quelques centaines de millions d'années pour découvrir comment devenir multicellulaire. À cet égard, les premières expériences importantes donnèrent une incroyable série d'animaux multicellulaires fossilisés voilà 700 millions d'années dans une roche qui fait maintenant partie des collines d'Ediacara, en Australie. Il est possible que ces organismes remarquables soient, ou non, directement apparentés à des animaux vivants aujourd'hui ; les paléontologues sont en désaccord pour savoir si la faune d'Ediacara fut une impasse ou incluait les espèces fondatrices de lignées plus résistantes qui eurent une descendance. Là, de nouveaux groupes d'organismes apparaissent dans un schéma de succession historique qui est, là encore, bien documenté. La période suivante, le Cambrien, contient des organismes qui sont clairement les ancêtres des grandes lignées d'animaux modernes. Les coraux et les mollusques, par exemple, datent du Cambrien, voilà plus de 550 millions d'années ; le premier poisson véritable apparaît durant l'Ordovicien, il y a 480 millions d'années ; les amphibiens font leur apparition il y a 380 millions d'années, les premiers reptiles 40 millions d'années plus tard, et les premiers dinosaures près de 80 millions d'années après, durant le Trias. Les premiers mammifères véritables se sont montrés il y a 210 millions d'années ; pour les premiers oiseaux, ce sera plus tard, durant le Jurassique, il y a 155 millions d'années ; et le dernier des dinosaures disparaît par extinction à la fin du Crétacé, voilà 65 millions d'années. »⁵⁴²

Quand bien même l'idée de mutation aléatoire/sélection serait totalement opérationnelle et permettrait d'expliquer l'évolution dans ses grandes lignes, Monod convient qu'il reste, aux deux extrémités de l'évolution, les problèmes de l'origine des premiers systèmes vivants et du fonctionnement du cerveau humain qui restent très difficiles à élucider. Il le dit dès la *Leçon inaugurale* : « L'évolution des espèces, à vrai dire, n'est pas, n'est plus actuellement le problème central de la biologie. Les frontières de cette discipline, les limites de la *Terra incognita* se situent plutôt, aujourd'hui, aux deux pôles de l'évolution : les sources premières de l'émergence et les manifestations les plus raffinées de la téléonomie. C'est-à-dire, d'une part le problème de l'apparition des toutes premières structures douées du pouvoir d'autoreproduction, et d'autre part celui du fonctionnement de la plus évoluée des structures téléonomiques, le système nerveux central. » Il emploie à propos du premier la métaphore d'un véritable « mur du son » car dit-il, « Nous n'avons aucune idée précise de ce que pouvait être la structure d'une cellule primitive. »⁵⁴³ A propos de la formation du système nerveux central de l'homme, mettons l'accent sur la question difficile de la relation organe/fonction,

⁵⁴² K. R. Miller, (2009), p. 59.

⁵⁴³ J. Monod, (1970), p. 181.

qui reste encore débattue de nos jours, qui, sur ce point, distingue le matérialisme de Monod du matérialisme de Lucrèce. Peut-on en dire que chez Monod tout autant que chez Lucrèce que c'est l'organe qui crée la fonction ? Il y aurait, en fait, comme nous venons de le suggérer une position chez Monod qui ne serait ni celle de Démocrite ni celle de Lucrèce, c'est celle concernant la formation de l'être humain. Celle-ci consiste à penser que c'est le langage qui aurait fait advenir l'homme plutôt que l'homme le langage. Donc, en un certain sens ici, la fonction créerait la structure. Monod se réclame du matérialisme de Démocrite, comme nous l'évoquerons dans le second volet de notre examen à propos de sa thèse rapportant tout ce qui existe au hasard et à la nécessité. Rappelons que le matérialisme de Démocrite a connu un écho très important dans le texte du *De natura rerum* de Lucrèce. Cependant le matérialisme de Monod sur le rapport organe/fonction n'est pas aussi clair que chez Lucrèce. Cependant, sa position n'est peut-être pas aussi tranchée ; ou tout au moins existe-t-il une tension à ce sujet dans sa pensée. Dans *La leçon inaugurale* de 1967, thème repris dans *HN*⁵⁴⁴, en effet, Monod suggère que le langage a contribué à faire advenir l'être humain. « Je serais tenté de faire l'hypothèse, y dit-il, que le langage a pu apparaître à la faveur de l'émergence d'interconnexions nouvelles, pas nécessairement très complexes en elles-mêmes, chez un préhominien doué jusque-là d'un système nerveux central guère plus développé que celui des singes supérieurs actuels. Mais le langage, dès lors qu'il existait, devait conférer une valeur sélective immensément accrue à la capacité de combinaison et d'enregistrement. Dans cette hypothèse, l'apparition du langage aurait pu précéder, peut-être d'assez loin, l'émergence du système nerveux central propre à l'espèce humaine et contribuer, en fait, de façon décisive, à la sélection des variants les plus aptes à en utiliser toutes les ressources. En d'autres termes, c'est le langage qui aurait créé l'homme, plutôt que l'homme le langage. »⁵⁴⁵

Ici, avec le langage, il semble qu'une fonction tout autant qu'un organe instaure l'humanité de l'homme. L'organe semble, de fait, fonder la fonction mais la fonction semble déployer l'organe, en particulier avec le développement du cortex en lien avec le développement et l'utilisation de plus en plus fine du langage. Cette tension est étudiée particulièrement par Stéphane Tirard.

C'est pourquoi, il pourrait peut-être y avoir une différence de point de vue sur ce sujet entre Lucrèce et Monod car pour Lucrèce, c'est l'organe qui, en tout état de cause, engendre la fonction. En tout cas, l'argument anti-finaliste sur le rapport organe/fonction se trouve clairement énoncé déjà chez Lucrèce, comme l'a amplement mis en évidence notre étude sur l'exemple de l'œil. Pouvons-nous voir ici une sorte de néo-lamarckisme, au sens où certains

⁵⁴⁴ J. Monod, (1970) pp. 194-195.

⁵⁴⁵ J. Monod, (1967) p. 13.

caractères acquis s'additionneraient pour mettre en œuvre une nouvelle innéité ? Cette question est posée à la fin de l'article de Stéphane Tirard sur le postulat d'objectivité. Monod reconnaît en effet, en un certain sens, une certaine orthogénèse pour la spécificité humaine. De plus, pour expliquer la variation d'espèces nouvelles à partir de variations spontanées devenues héréditaires, il fallait montrer pourquoi ou comment certaines de ces variations s'ordonnent selon une série linéaire, pour aboutir finalement à des organes nouveaux. D'où certaines hésitations qui restent encore non complètement élucidées sur le plan de l'embryogénèse. Owen, au dire de Gould, ne pouvant trancher véritablement entre explication fonctionnaliste ou structuraliste (est-ce la fonction qui crée l'organe ou l'inverse ?) devait invoquer, en désespoir de cause, le hasard, ce « marécage de la désespérance » : *slough of despond*.⁵⁴⁶

Monod insiste surtout sur le fait que le problème majeur en biologie, c'est l'origine du code génétique et du mécanisme de sa traduction. « En fait, dit-il, ce n'est pas de « problème » qu'il faudrait parler, mais plutôt d'une véritable énigme. »⁵⁴⁷ En effet, ce qui fait problème, c'est que « le code ne peut être traduit que par des produits de traduction ». C'est pourquoi Monod dit que cette énigme est « l'expression moderne de *omne vivum ex ovo* »,⁵⁴⁸ selon l'aphorisme célèbre attribué à William Harvey. En effet, c'est l'ARN polymérase qui transforme le code ADN en ARN et l'ARN lui-même est traduit par le ribosome en une séquence d'acides aminés. Or, tant l'ADN polymérase que le ribosome, qui permettent de décoder l'ADN, ne sont eux-mêmes constructibles qu'à partir des indications contenues dans l'ADN. Il demeure que cette boucle est une véritable énigme.

À partir de là, deux hypothèses, en ce qui concerne l'origine du code.⁵⁴⁹ Soit la structure du code se développe en raison de certaines affinités chimiques avec un certain amino-acide, soit la structure du code est chimiquement arbitraire et par conséquent, « le code, tel que nous le connaissons, résulte d'une série de choix au hasard qui l'ont enrichi peu à peu. »

Selon la première, le code se serait formé par stéréospécificité, selon la seconde, il se serait formé par retouches successives purement arbitraires et aléatoires. Curieusement, Monod affirme que la première hypothèse qui paraît la plus logique « parce qu'elle expliquerait l'universalité du code »,⁵⁵⁰ et de bon sens, parce qu'« elle permettrait d'imaginer un mécanisme primitif de traduction dans lequel l'alignement séquentiel des amino-acides pour former un polypeptide serait dû à une interaction directe entre les amino-acides, et la structure

⁵⁴⁶ S. J. Gould, *La structure de la théorie de l'évolution*. NRF essais, Gallimard 2006.

⁵⁴⁷ J. Monod, (1970), p. 182.

⁵⁴⁸ J. Monod, (1970), p. 182.

⁵⁴⁹ J. Monod, (1970) p. 182.

⁵⁵⁰ J. Monod, (1970) p. 182

répliquative elle-même »⁵⁵¹ n'a pas été prouvée scientifiquement et qu'au contraire le bilan des recherches est, en ce sens, négatif. Selon lui, on est « ramené à la seconde hypothèse désagréable pour des raisons méthodologiques, ce qui ne signifie nullement qu'elle soit inexacte. Désagréable pour plusieurs raisons. Elle n'explique pas l'universalité du code. Il faut alors admettre que, parmi de nombreuses tentatives d'élaboration, une seule a survécu. Ce qui en soi ne propose aucun modèle de traduction primitive. »⁵⁵² Nous avons une confirmation du fait que Monod adhère à cette vue des choses au chapitre 6 « Invariance et perturbations » dans lequel Monod justifie de façon encore plus précise son point de vue qui l'amène à « cette très importante conclusion, à savoir que ce code, universel, dans la biosphère, paraît chimiquement arbitraire. »⁵⁵³ En voici les raisons : « Le mécanisme de la *traduction* de la séquence de nucléotides en séquence d'acides aminés est beaucoup plus compliqué, dans son principe même que celui de la *réplication*. Ce dernier processus s'explique en définitive par des interactions spécifiques directes entre une séquence polynucléotidique servant de matrice et les nucléotides qui viennent s'y associer. Dans la traduction également, ce sont des interactions stéréospécifiques non-covalentes qui assurent le transfert d'information. Mais ces interactions directrices comprennent plusieurs étapes successives, mettant en jeu plusieurs constituants dont chacun reconnaît exclusivement son partenaire fonctionnel immédiat. Les constituants intervenant au début de cette chaîne de transfert d'information ignorent totalement « ce qui se passe » à l'autre extrémité. De sorte que s'il est bien vrai que le code génétique est écrit dans un langage stéréochimique dont chaque lettre est constituée par une séquence de trois nucléotides (un triplet) dans l'ADN spécifiant un acide aminé (parmi vingt) dans le polypeptide, il n'existe aucune relation stérique directe entre le triplet codant et l'acide aminé codé. »⁵⁵⁴ Cette conclusion concernant l'entier caractère arbitraire et aléatoire du code n'est-elle pas excessive car l'influence, certes indirecte des triplets à la chaîne n'est pas niée par Monod lui-même, elle apparaît seulement comme plus complexe et sujette à des médiations.

Aussi, pour Monod, l'apparition de la vie elle-même est-elle purement accidentelle et aurait pu ne jamais se produire. Monod pense les conditions d'apparition de la vie comme uniques et en ce qui concerne l'homme, il dit, en manière de boutade, « Notre numéro est sorti au jeu de Monte-Carlo »,⁵⁵⁵ pour exprimer ce gros lot, totalement inattendu qui nous est échu.

⁵⁵¹ J. Monod, (1970) p. 183.

⁵⁵² J. Monod, (1970) p. 183.

⁵⁵³ J. Monod, (1970) p. 143.

⁵⁵⁴ J. Monod, (1970) p. 143.

⁵⁵⁵ J. Monod, (1970) pp. 184-185.

La référence à ce jeu de Monte-Carlo peut se trouver enrichi par l'explication donnée dans l'ouvrage de Cuénot sur *l'invention et la finalité en biologie*.⁵⁵⁶ « On a vu, paraît-il, relate Cuénot, à Monte-Carlo un numéro (je crois plutôt la même couleur) sortir 16 fois de suite (probabilité : $\frac{1}{2}$ puissance 16 ? à revoir) ; c'est bien le phénomène le plus extraordinaire que l'on puisse rêver, tant la probabilité en était petite. ». Cuénot explique cette probabilité dans le cadre du jeu de probabilité avec un dé : « Si l'on jette sur la table un dé bien fabriqué, il y a chance égale pour chacune des 6 faces ; la probabilité est donc de $\frac{1}{6}$. Si l'une des faces apparaît plus souvent que les autres, c'est que le dé est pipé, mais on ne pourra l'affirmer qu'après un grand nombre d'expériences concordantes, car il est possible (bien que ce soit peu probable) que la face 2 par exemple sorte n fois de suite, la probabilité d'un tel événement étant de $\frac{1}{6^n}$. »

L'extrême difficulté du premier de ces problèmes tient à ce que la cellule « moderne », la seule que nous puissions étudier, est le produit de milliards d'années d'une sélection impitoyable qui y a accumulé un formidable appareil téléonomique dans lequel il nous est presque impossible encore de discerner les vestiges des structures primitives. Car si l'ADN est bien le support moléculaire de l'émergence, il est par lui-même inerte et dépourvu de propriétés téléonomiques. Celles-ci ne se manifestent que dans l'activité du système cellulaire dont le « projet » est, en définitive, la conservation de la structure de l'ADN, donc de l'information qu'elle représente. »

La notion d' « émergence » réapparaît dans ce chapitre 8 énonçant « Les frontières », pour montrer le caractère énigmatique de certaines d'entre elles : en particulier, « celle de la troisième étape », après la formation des macromolécules les plus aptes à se répliquer, qui est, par hypothèse, « l'émergence graduelle des systèmes téléonomiques qui, autour de la structure répliquative, devaient construire un organisme, une cellule primitive. C'est ici qu'on atteint le véritable « mur du son », car nous n'avons aucune idée de ce que pouvait être la structure d'une cellule primitive. »⁵⁵⁷ Or, l'explication de la vie réside dans cette troisième étape. Les deux premières, formation des constituants chimiques essentiels et formation à partir de ces constituants des premières molécules capables de réplication, n'expliquent que ce qui se passe avant la vie. Depuis Monod, en bientôt 50 ans, on en est toujours au même point, avec quelques avancées cependant.

Un peu plus loin dans ce chapitre, Monod réemploie ce terme à propos de l'émergence de la membrane à perméabilité sélective : « Le développement du système métabolique ... pose des

⁵⁵⁶ L. Cuénot, (1974) p. 33.

⁵⁵⁷ J. Monod, (1970) p. 181.

problèmes herculéens. Il en est de même pour l'émergence de la membrane à perméabilité sélective sans quoi il ne peut y avoir de cellule viable. »⁵⁵⁸

Les protéines globulaires avaient été définies par opposition aux protéines dites fibreuses⁵⁵⁹: les protéines dites « globulaires » sont, de beaucoup, les plus nombreuses et, par leurs fonctions, les plus importantes ; chez ces protéines, les fibres constituées par la polymérisation séquentielle des amino-acides sont repliées sur elles-mêmes, de façon extrêmement complexe, conférant ainsi à ces molécules une structure compacte, pseudo-globulaire. Le deuxième secret de la vie est enfermé dans les séquences de radicaux des fibres polypeptidiques dont nous ne perçons pas le secret des lois d'assemblage, comme le note Monod au chapitre 5, « Ontogénèse moléculaire », qui traite de la fonction constructrice des protéines : « *L'ultima ratio* de toutes les structures et performances téléonomiques des êtres vivants est donc enfermée dans les séquences de radicaux des fibres polypeptidiques, « embryons » de ces démons de Maxwell biologiques que sont les protéines globulaires. En un sens, très réel, c'est à ce niveau d'organisation chimique que gît, s'il y en a un, le secret de la vie. Et saurait-on non seulement décrire ces séquences, mais énoncer la loi d'assemblage à laquelle elles obéissent, on pourrait dire que le secret est percé, *l'ultima ratio* découverte. »⁵⁶⁰

Le fait que l'évolution soit une théorie qui reconstruit la réalité rend Monod assez modeste. Il faut rappeler ici le passage dans la préface à Mayr où Monod explique que, comme toute reconstitution, l'évolution repose sur de nombreuses hypothèses dont de nombreuses ne sont pas vérifiées ni peut-être vérifiables expérimentalement, vu le facteur temps incompressible, et donc à l'aune de notre expérience humaine, très difficilement interprétable.

Discussion sur les énigmes non résolues :

Très brièvement, nous ferons état, dans cette discussion, des pistes de recherche actuelles concernant l'énigme portant sur l'origine de l'ADN, énigme non encore totalement élucidée de nos jours, faisant encore l'objet de nombreuses hypothèses, en particulier, celle qui envisage des ARN primitifs ; nous évoquerons également les « problèmes herculéens », aux dires de Monod, que représentent le métabolisme et l'instauration d'une membrane autour de la cellule, en bonne voie de résolution actuellement. Après avoir souligné l'importance d'élucider ces points non résolus, très stimulants pour la recherche, nous nous interrogerons

⁵⁵⁸ J. Monod, (1970) p. 182.

⁵⁵⁹ J. Monod, (1970) Ch. 3, p. 70.

⁵⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 126.

sur une visée métaphysique possible face à ces énigmes. Monod reconnaît qu'on ne connaît pas l'origine de la première cellule mais l'attribue de science sûre au hasard. Là réside une contradiction car précisément si l'on n'en connaît pas l'origine, on ne peut pas plus l'attribuer au hasard qu'à toute autre cause inconnue.

On peut évoquer également un problème à propos d'une définition à donner d'un objet limité : la limite ne viendrait pas uniquement des énigmes et des frontières liées à l'insuffisance de nos connaissances. Elle tiendrait aussi au fait que la théorie moléculaire du code n'est pas la seule et unique explication du vivant. La théorie cellulaire, par exemple, qui connaît actuellement divers succès, ne peut-elle pas également apporter de nouvelles ressources d'interprétation, de même que par exemple aussi la recherche et la mise en lumière de toutes les contraintes environnementales ?

Quelle que soit la réponse à ces énigmes présentées par Monod, il reste de toute façon une question qui est alors de savoir si la matière est suffisante ou non pour expliquer toutes les diverses formes dans la nature. Sur ce sujet, la science biologique est-elle en mesure de se prononcer, ou le pourra-t-elle un jour ? L'acte d'« expliquer », au sens de décrire l'ensemble des causes et des effets permettant la vie n'est pas encore abouti car de nos jours, si nous savions l'expliquer totalement, il y aurait de fortes chances que nous soyons capables de produire de la vie, ce dont de nos jours, en 2017, nous sommes encore radicalement incapables⁵⁶¹. Si la biologie de synthèse y parvient, elle le fera toujours à partir d'éléments préexistants de la matière, qu'elle aura modifiée.

Concluons : oui, la science de la biologie a encore des progrès à faire dans ce domaine concernant l'origine du vivant. Un jour il est possible qu'elle puisse émettre la bonne hypothèse sur ce qui s'est réellement passé. S'il reste des énigmes actuellement, ce n'est pas une raison sur le plan métaphysique pour invoquer un Dieu « bouche-trou » qui viendrait combler les lacunes de notre ignorance. Il est du ressort des sciences biologiques de donner un type d'explication rendant compte de l'enchaînement de tous les processus causaux qui ont donné naissance aux êtres vivants et à leur évolution.

Il est, pour autant, problématique que Monod invoque le hasard comme source de cette origine, alors qu'en même temps précisément il insiste sur le fait que les causes nous en sont, pour le moment, inconnues.

Cela dit, les causes efficientes et matérielles que la biologie découvrira ne seront pas, de toute façon, la cause première de toutes ces causes, qui, si elle existe, n'est pas, par définition, un

⁵⁶¹ Même la fameuse expérience de Miller et Urey de 1953 ne remet pas en cause ce fait.

objet de science, mais fait l'objet d'une autre analyse questionnant le fait qu'il y ait un monde et des organismes vivants en son sein.

II. La méthode : un emploi renouvelé de la méthode hypothético-déductive.

1) Continuité et rupture

La méthode scientifique de Monod s'inscrit, certes, dans une tradition, mais elle instaure également une véritable rupture. Passer d'Auguste Comte et de Claude Bernard à la biologie moléculaire représente, en effet, un véritable choc culturel. La nouvelle biologie requiert, en effet, l'acquisition de nouveaux modes de pensée. Ascèse et art de la rupture sont décrits comme des qualités tout à fait majeures de Monod dans *Hommage à Monod*.⁵⁶² Cette rupture est propre à la biologie, plus que dans d'autres sciences. Canguilhem se réfère à Cavailles lorsqu'il souligne qu'il n'y a pas les mêmes ruptures dans l'histoire des mathématiques, par exemple, que dans celle de la biologie.

Le Colloque de Royaumont en 1952 a tenté de penser cette révolution moléculaire. On y fait remarquer qu'elle est l'aboutissement de trois siècles de recherche qui parcourent l'organisation depuis l'organe, en passant par la cellule pour aboutir au niveau fondamental de l'infra-cellulaire.

Cette organisation s'opère grâce aux nouveaux instruments technologiques que sont le microscope optique, puis le microscope électronique, avec l'utilisation d'électrons remplaçant la lumière. L'œil s'habitue à explorer l'infiniment petit. C'est en ce sens que cette accoutumance provoque ce que l'on peut considérer comme une « miniaturisation du regard ». Déjà Claude Bernard envisageait pour le chercheur l'expérience de pensée qui consistait à « se placer à la taille d'un globule rouge ». Cette expérience de pensée est « imaginaire », comme le fait remarquer Monod, lors de son développement sur la fonction de simulation de l'intelligence humaine : « Tous les hommes de science ont dû, je pense, prendre conscience de ce que leur réflexion, au niveau profond, n'est pas verbale : c'est une *expérience imaginaire*, simulée à l'aide de formes, de forces, d'interactions qui ne composent qu'à peine une « image » au sens visuel du terme. »⁵⁶³ On peut évoquer l'émergence de « schèmes » ou de schémas qui utilisent, par exemple, des flèches ou toutes sortes de graphismes, tels les graphes, les courbes ou les diagrammes, et qui font appel à

⁵⁶² A. Lwoff et A. Ullmann, (1980) pp. 23-27.

⁵⁶³ J. Monod, (1970) ch. 8, « Les frontières », p. 195.

l'interprétation de l'intelligence tout autant ou plus qu'à la lecture d'une simple image. Monod prolonge cette réflexion, qui se rapproche de l'attitude du chercheur selon Claude Bernard que nous venons de citer, lorsque, curieusement, il dit se mettre à la place d'une bactérie dans *HN* : « Je me suis moi-même surpris, n'ayant à force d'attention centrée sur l'expérience imaginaire plus rien d'autre dans le champ de la conscience, à m'identifier à une molécule de protéine. »⁵⁶⁴ Cette expérience semble procurer une sorte d'image non visuelle de la réalité de cette protéine, c'est presque une façon de la mimer intérieurement, de l'expérimenter de l'intérieur, de façon intuitive. Cependant, la signification proprement dite de cette expérience apparaît après, dès lors que la prise en charge symbolique, au moyen de schèmes ou de symboles, s'effectue. En ce sens Monod poursuit : « Cependant, ce n'est pas à ce moment qu'apparaît la signification de l'expérience simulée, mais seulement une fois explicitée symboliquement. Je ne crois pas en effet qu'il faille considérer les images non visuelles sur lesquelles opère la simulation comme des symboles, mais plutôt, si j'ose ainsi dire, comme la réalité subjective et abstraite, directement offerte à l'expérience imaginaire. »⁵⁶⁵

Entrer dans le monde moléculaire, c'est effectivement changer totalement d'échelle, qui devient seulement mathématiquement concevable, et qui ne passe plus uniquement par la perception éprouvée par les cinq sens, quand bien même le microscope constitue le prolongement de l'œil. D'où l'utilisation du système de marqueurs et de fluorescence, pour éprouver des hypothèses, pour tenter, d'une part, de percevoir au microscope des réactions qui échappent totalement à l'œil nu et, d'autre part, de comprendre les mécanismes à l'œuvre que la simple perception, la plus perfectionnée soit-elle, ne donne pas à voir directement. En effet, en amont des observations, Monod applique la méthode hypothético-déductive devenue standard depuis les successeurs de C. Bernard. Il s'agit d'avancer librement des hypothèses et de les tester en examinant les conséquences, qui rebondissent elles-mêmes souvent sur d'autres énigmes. Il n'y a plus de phases exploratoires, c'est-à-dire des « expériences pour voir » simplement, comme le faisait déjà remarquer Max Delbrück au Colloque de 1952, mais l'observation est toujours portée par une hypothèse préexistante. En 1959, la méthode de Monod est encore par conséquent celle de Claude Bernard, telle qu'elle est prescrite dans *l'Introduction à la méthode expérimentale*. Comme pour ce dernier, la vision des êtres vivants n'est plus celle des anatomistes ou des naturalistes qui les classent en fonction de multiples critères descriptifs. L'expérience devient une expérimentation.⁵⁶⁶ Les hypothèses sont des

⁵⁶⁴ J. Monod, (1970) ch. 8, « Les frontières », p. 195.

⁵⁶⁵ J. Monod, (1970) ch. 8, « Les frontières », pp. 195-196.

⁵⁶⁶ C. Bernard, [1865], (2008), p. 56.

idées préconçues, qui sont ensuite vérifiées ou infirmées par l'expérience qui est toujours « une observation provoquée » ou « invoquée »⁵⁶⁷ car « pour raisonner expérimentalement, il faut généralement avoir une idée et invoquer ou provoquer ensuite des faits, c'est-à-dire des observations, pour contrôler cette idée préconçue. »⁵⁶⁸ « La spécificité de l'hypothético-déductivisme n'est pas d'attendre des hypothèses qu'elles soient en général conformes à l'expérience, souligne Sophie Roux, mais de concevoir des expériences spécifiques qui éprouvent les hypothèses. »⁵⁶⁹ Autrement dit, pour reprendre les termes de I. Hacking « l'hypothético-déductivisme ne se contente pas de poser des diagnostics, il fait des tests. »⁵⁷⁰ La question fondamentale de la biologie consistait déjà pour Claude Bernard, comme elle le sera aussi pour Monod, à se demander si les êtres vivants échappent oui ou non au déterminisme, entendu comme la science des causes identiques produisant des effets identiques. Il y a donc chez Monod très clairement l'adoption de cette idée classique depuis Claude Bernard de confronter la logique avec l'expérience⁵⁷¹ en refusant de valider comme scientifiques les idées *a priori*. En témoignent également les propos suivants de la deuxième leçon du cours au Collège de France : « Nous sommes arrivés à trois notions, qui ne sont pas des notions *a priori*, ne sont pas des notions abstraites, mais des notions qui définissent des propriétés que l'on peut reconnaître par l'observation et l'expérience en étudiant la structure, les performances et l'origine des êtres vivants. »⁵⁷² Dans ce même cours, il définit « la méthode scientifique comme comportant une partie positive et une partie négative. » [...] « la méthode scientifique consiste : 1. à n'admettre comme conduisant à une connaissance véritable que les conclusions provenant d'une confrontation systématique de la logique avec l'observation ou l'expérience. Ceci est la partie positive de la définition. » Monod complète, en un deuxième temps, la méthode en soulignant qu'elle se conjugue aussi avec la volonté d'éliminer un facteur non objectif de la nature. « 2. Mais il faut ajouter, dit-il en effet, une condition supplémentaire indispensable, à savoir que ne seront prises en considération comme conduisant à une connaissance vraie que des structures d'interprétation ou d'hypothèses qui excluent toute espèce de doute, toute idée, toute notion, toute hypothèse qui directement ou indirectement ou implicitement supposerait un élément non objectif dans la nature elle-même,

⁵⁶⁷ C. Bernard, [1865], (2008), p. 60.

⁵⁶⁸ C. Bernard, [1865], (2008), p. 61.

⁵⁶⁹ S. Roux (1996), p. 367.

⁵⁷⁰ I. Hacking, *Emergence of probability*, Ch. 4, pp. 35-38.

⁵⁷¹ J. Monod, (1970), p. 178 et p. 198.

⁵⁷² J. Monod, (1969-1970) Cours au collège de France, deuxième leçon, p. 1. Archives de l'Institut Pasteur, MON, Mss.12, 37.

c'est-à-dire supposerait très exactement l'existence d'un projet, quelle que soit d'ailleurs la nature de ce projet. »⁵⁷³

Il y a non seulement chez Monod le refus de notions *a priori*, en instaurant des hypothèses à vérifier toujours dans la confrontation de la logique et de l'expérience, ainsi que le refus de tout élément non-objectif mais il y a aussi plus largement le refus d'une possibilité d'une construction d'une théorie universelle *a priori* : « Nous pouvons, je crois, affirmer aujourd'hui qu'une théorie universelle, si entiers que seraient ses succès par ailleurs, ne pourrait jamais contenir la biosphère, sa structure, son évolution en tant que phénomènes *déductibles* des premiers principes. »⁵⁷⁴

Pour Monod, la méthode est liée à la conviction que la connaissance n'est pas un simple reflet de la réalité mais qu'elle se construit. Cette épistémologie est qualifiée de « critique » par Monod, selon une référence à la tradition kantienne et qui se prolonge sous l'influence de Mach : « Comme on sait, c'est par un retour aux sources, aux sources mêmes de la connaissance, que le second âge de la science, celle du XX^e siècle, devait être préparé. Dès la fin du XIX^e siècle, la nécessité absolue d'une épistémologie critique redevient évidente, comme condition même de l'objectivité de la connaissance. Ce ne sont plus désormais les seuls philosophes qui se livrent à cette critique, mais les hommes de science qui sont conduits à l'incorporer dans la trame théorique elle-même. C'est à cette condition que pouvaient se développer la théorie de la relativité et la mécanique quantique. »⁵⁷⁵ C'est sur une telle conviction que Monod s'oppose à la théorie marxiste de la connaissance interprétée comme pur reflet de la réalité.

2) Les points de méthode originaux employés par Monod.

Il y a tout d'abord chez Monod une volonté tout à fait significative de **quantifier** les phénomènes, et qu'il tient de son maître de Georges Teissier qui eut une grande influence sur lui en la matière. Monod propose de quantifier en nombre de bits la « quantité d'information », concept issu de Shannon, appliqué à la biologie moléculaire. Nous en avons de nombreux exemples dans *HN*, par exemple : « la quantité d'information qui serait nécessaire pour spécifier entièrement la structure tridimensionnelle d'une protéine est

⁵⁷³ J. Monod, (1969-1970) Cours au collège de France, deuxième leçon, p. 11. Archives de l'Institut Pasteur, MON, Mss.12, 37.

⁵⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 61.

⁵⁷⁵ J. Monod, (1970) p. 56.

beaucoup plus grande que l'information définie par la séquence elle-même. Par exemple, pour un polypeptide de cent amino-acides, l'information (H) nécessaire à la définition de la séquence correspondrait à 450 bits environ ($H = \log^2 20^{100}$) alors que pour définir la structure tridimensionnelle il faudrait, à ce nombre, ajouter encore une grande quantité d'information, difficilement calculable d'ailleurs (disons 1 000 à 2 000 bits au moins).⁵⁷⁶ Dans la 2^{ème} leçon de son cours au Collège de France, « l'information contenue dans le génome d'après un calcul très simple », assure Monod, « est de 6.10^9 bits. »⁵⁷⁷ Ce calcul a, entre autres, pour effet, de montrer le caractère illusoire des lois biotoniques d'Elsässer dont les résultats différents n'estimaient qu'à 10^9 bits la quantité d'information du génome. On peut évoquer également ici le fait que la seule loi de la dialectique hégélienne admise en certains cas par Monod soit la première, à savoir celle qui énonce la convertibilité de la qualité en quantité et réciproquement. Il se demande, en effet, à propos des fonctions du cortex dont le langage est l'expression, « s'il n'y a là qu'une différence « quantitative » ou « qualitative » et conclut : « S'il est un cas où la première loi de la dialectique est applicable, c'est bien celui-là. »⁵⁷⁸

Par ailleurs, il est remarquable de voir combien Monod n'hésite pas à déduire, à partir d'un **modèle théorique**, toutes les conséquences qui peuvent être soumises à un contrôle expérimental. Monod adopte la notion de modèle, à la suite de Ludwig Boltzmann, pour qui, c'est précisément sur des modèles que repose tout dispositif explicatif. Selon Boltzmann, la modélisation va jusqu'à constituer le fondement même de l'activité scientifique. Selon lui, en effet, l'atomistique, modèle dont il est, en partie, à l'origine, est un modèle exact pour rendre compte des phénomènes mécaniques. « Par modèle de la réalité », explique Boltzmann dans l'*Encyclopedia Britannica* à l'article « Model », le modèle comporte bien l'idée d'une représentation mais qui traduit une idée abstraite d'un fait, et restreinte à un objet déterminé. » Boltzmann est convaincu, selon ses propres termes, que même au sujet d'un domaine plus large de faits, « d'un domaine étendu de faits d'expérience, nous ne saurions jamais concevoir autre chose qu'une image mentale. »⁵⁷⁹ Il dit encore en notes de bas de pages de cet écrit, retranscrit dans *Les atomes* : « Ne vaudrait-il pas mieux que les modèles des complexes de perception soient, de même, constitués à partir d'éléments discrets. »⁵⁸⁰ Il propose de simplifier des domaines très définis par des images mentales très précises, afin d'éviter l'arbitraire que présentent certaines équations différentielles, avec les risques d'imprécision

⁵⁷⁶ J. Monod (1970), p. 124.

⁵⁷⁷ J. Monod (1969-1970), deuxième cours p. 29.

⁵⁷⁸ J. Monod (1970), p. 188.

⁵⁷⁹ Boltzmann, extrait de *Annalen der Physik und Chemie*, (1897) nouvelle série, volume 60, p. 231, traduction de J. Ruthel, cité du livre *Les atomes, une anthologie historique*, textes choisis, présentés et annotés par Bernadette Bensaude-Vincent et Catherine Kounelis, p. 241

⁵⁸⁰ B. Bensaude Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 241.

telle que celle provenant de « la division par une seconde » ; les équations différentielles ainsi, dans bien des cas, risquent l'inexactitude quant à la correspondance avec la réalité qu'elles tentent de décrire. C'est pourquoi, dans cet esprit de simplicité, il préconise de n'attribuer « aux atomes qu'autant de propriétés qu'il faut pour décrire, de la manière la plus simple, un domaine restreint de faits expérimentaux », pour arriver à « obtenir une atomistique particulière à chaque domaine. »⁵⁸¹ Boltzmann évoque ainsi « la thèse selon laquelle les faits observés ne s'écarteront jamais de la limite approchée par l'image. »⁵⁸² Quant à savoir si cette méthode, un jour, sera capable ou non de fournir des images complètes du monde, c'est une question purement théorique. D'où proviennent ces images mentales ? D'une construction personnelle d'un chercheur, élaborée à partir de faits dont il abstrait un continuum à l'aide de points, de lignes et de surfaces. Ces images sont des images mentales abstraites à partir de l'observation d'un fait particulier. Boltzmann soutient encore, toujours dans cette note de bas de page à cet article que « les images du monde pertinentes s'obtiennent plutôt à partir d'idées individuelles fécondes qu'il s'agit d'adapter ensuite. »⁵⁸³ Boltzmann intègre donc une dimension de simplification dans la fonction du modèle, ainsi qu'une dimension d'objectivité, en tentant de réduire l'arbitraire à son maximum. Il préconise « l'association d'un grand nombre d'images particulières, »⁵⁸⁴ rendant ainsi pertinente une confrontation de celles-ci en vue de la construction d'un modèle. Nous voyons que Monod s'inspire des recommandations faites par Boltzmann. Comme le fait remarquer M. Morange, citant Andrew Hodss, dans la notion de modèle, « l'information et la logique importent plus que la constitution matérielle. »⁵⁸⁵ Tout l'écrit de *HN* illustre, à cet égard, en acte, cette dernière remarque : cet écrit se montre, de fait, riche en modèles, en schémas explicatifs, relevant de schèmes simplifiés, tous résultats de la mise en confrontation de la logique et de l'expérience. Ces modèles occupent véritablement une place de choix dans le corps de l'exposé, modèles dont certains ont été reprographiés dans le cours de nos précédents exposés, ceux qui portaient, en particulier sur l'opéron et l'allostérie, ainsi que sur le système de réplication de l'ADN en ARN et de traduction en protéines. Ces modèles ne se trouvent donc pas uniquement en annexe, donnés, pédagogiquement à l'usage des débutants en la matière, mais font partie intégrante de la démonstration.

Monod va trouver dans la méthodologie de Popper un complément à la notion de modèle, mise à l'honneur chez Boltzmann, en voyant en elle l'apport d'un critère de vérité

⁵⁸¹ B. Bensaude Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 246.

⁵⁸² B. Bensaude Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 247.

⁵⁸³ B. Bensaude Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 248.

⁵⁸⁴ B. Bensaude Vincent (1991), p. 250.

⁵⁸⁵ M. Morange, (2003), p. 133.

supplémentaire : celui de la réfutabilité. Lorsque Monod rédige la préface du livre de Popper intitulé *La logique de la découverte* parue en 1970, l'année même de la parution de *HN*, Monod présente ce critère de réfutabilité en des termes extrêmement élogieux : « C'est ce qui fait de ce livre, dit-il, à mes yeux, l'un des rares ouvrages d'épistémologie où un homme de science puisse reconnaître, sinon parfois découvrir, le mouvement même de sa pensée, l'histoire vraie, rarement écrite, du progrès auquel il a pu personnellement contribuer. » Popper y explique la démarche hypothético-déductive qui constitue selon lui l'essence même de la procédure scientifique. La démarche prônée par Popper ressemble, en un sens, à celle que proposait Claude Bernard, comme l'a très bien remarqué Malherbe, « Karl Popper et Claude Bernard. »⁵⁸⁶ En effet, Popper énonce que la science ne commence pas avec des observations mais avec des hypothèses, tout comme le disait Claude Bernard, qui sont ensuite vérifiées ou infirmées par les expériences. Popper, avec son vocabulaire propre, énonce que la science procède d'abord à l'aide de conjectures, suivies ensuite de réfutations. Toutefois, même si *mutatis mutandis*, il y a une similitude entre les deux méthodes, le caractère réfutable de la science, promu par Popper, est une observation tout à fait nouvelle, au vu d'une traditionnelle conception de celle-ci qui était surtout envisagée sous l'angle de son caractère d'irréfutabilité. Popper, en sens inverse, relègue les connaissances irréfutables au rang de connaissances non scientifiques dans lesquelles il intègre aussi bien la psychanalyse que le marxisme. Monod va étendre ce principe à celui de la croyance religieuse qui reste irréfutable, au sens où il est impossible de produire une expérience qui permettrait de rejeter son objet. Il remarque à la fin du ch. 1 de *HN* qu' « il est évidemment indémontrable d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la non-existence d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. »⁵⁸⁷ En effet, son objet transcendant tout objet d'expérience possible, n'est pas réfutable au moyen de l'expérience. On a pu faire valoir qu'il en est de même pour les sciences historiques, y compris pour la théorie de l'évolution, qui en est un aspect. Cependant, Monod contrera cette possible objection en insistant sur le fait que le caractère scientifique de la théorie de l'évolution tient au fait qu'elle se trouve corroborée sous l'effet des regard croisés de toutes les sciences qui se complètent au sein de la théorie synthétique de l'évolution et qui convergent toutes vers la même conclusion en faveur de cette théorie. C'est ainsi que l'analyse de Popper confirme Monod dans sa résolution d'établir des modèles réfutables, puisqu'ils sont, à ses yeux, la marque de la garantie de leur scientificité. Nous avons souligné lors du débat portant sur le modèle de l'allostérie, le caractère aisément réfutable, en particulier, de ce dernier, et le fait que son caractère pertinent ne vise toutefois pas à offrir une extension

⁵⁸⁶ Malherbe, *Dialectica*, volume 35, p. 373-388, déc. 1981.

⁵⁸⁷ Monod (1970), p. 38.

valable dans tous les cas. En effet, d'autres modèles concurrents peuvent se révéler l'être également.

Déjà, dans la « *Cybernétique enzymatique* », manuscrit inédit non publié de 178 pages, dicté à Madeleine Burnerie entre le 15 juin et le 7 Juillet 1959, conservé à l'Institut Pasteur, qui répond à un projet d'un ouvrage commun de Monod et de Melvin Cohn basé sur les Dunham lectures données par Jacques Monod en octobre 1958 à Harvard, Monod fait part d'une confiance d'une haute importance sur ses choix méthodologiques. La méthode scientifique se trouve en effet exprimée en un petit paragraphe qui conclut l'introduction : « Il est impossible, exprime-t-il, de discuter logiquement ou utilement les données expérimentales sans utiliser des modèles théoriques. De tels modèles, lorsqu'il s'agit de discuter des relations entre systèmes formateurs d'enzymes, inducteur, répresseur et gènes peuvent parfois paraître abstraits, simplistes et irréels. Cela est sans inconvénient pourvu que de tels modèles conduisent à formuler des hypothèses vérifiables. »⁵⁸⁸ Il souligne, par ailleurs, au chapitre V l'intérêt d'une hypothèse inexacte aboutissant à la découverte d'un fait nouveau, ce qui montre que l'erreur est féconde car le fait que cette hypothèse soit réfutable, au sens de Popper, vient confirmer la vérité d'une expérience, qui n'aurait pas été confirmée sans que cette hypothèse soit infirmée. Monod est néanmoins laconique sur ce thème « réservant la tentative de synthèse dans un chapitre de conclusion » qui reste inachevée.

Dans ce texte, Monod nous dit clairement qu'il est adepte de la méthode des modèles théoriques. Mais il nous signifie également que, par ce principe heuristique, non seulement la théorie est importante mais qu'il y a une valeur instrumentale des hypothèses. Certaines hypothèses servent en effet de modèles : ce qui revient à dire également qu'elles peuvent avoir une extension à d'autres domaines. Par exemple, le modèle ou l'hypothèse des rétro-inhibiteurs plutôt qu'inducteurs aura ou pourra avoir une extension à d'autres domaines, comme celui du cancer, par exemple. La découverte des gènes de régulation laisse entrevoir également d'immenses perspectives pour la recherche médicale en matière de maladies génétiques, comme, par exemple, pour la trisomie 21.

Ainsi, la découverte de tel schème explicatif dans tel domaine peut se transposer dans un autre. Par exemple encore, le modèle régulateur de l'opéron met en lumière un mécanisme qui intervient aussi dans le contrôle du métabolisme d'autres composés, tel le galactose, ou dans la synthèse d'acides aminés, tel le tryptophane ; ou bien encore, le rôle du répresseur dans le modèle de l'opéron joue en outre un rôle dans les relations complexes entre les bactéries et certains de leur virus, nommés bactériophages « tempérés ». Comme l'expose Michel

⁵⁸⁸ J. Monod, *Cybernétique enzymatique*, p. 20.

Morange dans *Pour la science*, « ces virus ont deux façons d'envahir les bactéries : soit ils se multiplient à l'intérieur des bactéries en les détruisant, soit ils s'attachent au chromosome bactérien et passent ainsi silencieusement de génération en génération. Dans ce dernier cas, un répresseur, analogue à celui qui contrôle la synthèse des enzymes du métabolisme du lactose, se fixe sur le matériel génétique du phage, dont il inhibe l'activité. »⁵⁸⁹

Si l'on prend les deux modèles de l'opéron et de l'allostérie qui constituent les principaux acquis de Monod, on découvre que ces deux modèles sont transposables, selon un autre point de vue également, c'est-à-dire lorsque l'on envisage le système du vivant évoluant dans le temps.

Par exemple, en ce qui concerne l'opéron, la distinction régulation/structure servira non seulement comme principe explicatif du métabolisme mais aussi comme nouveau principe explicatif d'ontogénèse ; en effet, Monod et Jacob vont, par la suite, distinguer « au cœur des êtres vivants une information structurale nécessaire à la formation des composants du vivant et une information régulatrice, responsable de la mise en œuvre progressive, au cours du développement, de ces composants structuraux »,⁵⁹⁰ comme l'explique Michel Morange.

De la même façon, dans le modèle de l'allostérie, c'est la nature du lien entre enzyme et gène qui va permettre d'expliquer aussi la reproduction des organismes de génération en génération ; il y a par conséquent la mise en évidence d'une hérédité épigénétique.

En ce sens aussi, comme le fait remarquer Claude Debru, « la puissance d'une conception comme l'allostérie déborde largement le cadre dans lequel elle a été élaborée, l'étude des enzymes par exemple ou de l'hémoglobine. Elle pénètre, en effet, la neurochimie ainsi que le mode de fonctionnement des récepteurs neuronaux. »⁵⁹¹ Cette façon qu'a Monod d'étendre un concept biologique à d'autres domaines est récurrente. La propriété de stéréospécificité, elle aussi, s'étend, aux yeux de Monod, au-delà de son application aux protéines et aux enzymes ; il affirme, en ce sens, que « la notion de complexe stéréospécifique non-covalent ne s'applique pas seulement aux enzymes ni même seulement aux protéines ; elle est d'une importance centrale pour l'interprétation de tous les phénomènes de choix, de discrimination élective, qui caractérisent les êtres vivants. »⁵⁹² Monod adopte ce modèle qu'on a pu nommer, à la suite d' E. Fischer, celui de « la clé et de la serrure », ⁵⁹³ y compris pour expliquer, via les protéines, la différenciation cellulaire ; c'est ce qu'il précise au chapitre 5 portant sur

⁵⁸⁹ M. Morange (sous la direction de), « *Les mousquetaires de la nouvelle biologie : Monod, Jacob, Lwoff* » *Pour la science*, février-mai, 2002.

⁵⁹⁰ M. Morange (2003), p. 207.

⁵⁹¹ C. Debru, (1987) p. 27.

⁵⁹² J. Monod, (1970) p. 81.

⁵⁹³ E. Fischer (1894), « Einfluss der Configuration auf die Wirkung der enzyme », *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 27, 2958-2986, cité et traduit in C. Debru (1983), *L'esprit des protéines*, p. 70.

« l'ontogénèse moléculaire »⁵⁹⁴ de *HN* : « La construction d'un tissu ou la différenciation d'un organe, phénomènes macroscopiques, doivent être considérées comme la résultante intégrée d'interactions microscopiques multiples dues à des protéines, et reposant sur leurs propriétés de reconnaissance stéréospécifique. »⁵⁹⁵

Ainsi, ces principes heuristiques permettent d'aller au-delà des descriptions structurelles ou métaboliques pour trouver des mécanismes. La génétique, travaillant sur des clones ou des invariants, apparaît alors comme la science permettant, par excellence, de mettre à jour des mécanismes.

Enfin, concernant le choix d'un modèle, Monod n'hésite pas à considérer l'importance de son caractère esthétique. Il souligne l'importance d'un beau modèle, d'une belle théorie. Il y a chez lui une forme d'esthétisme et de recherche qualitative dans la beauté d'une théorie. Henri Buc cite Monod expliquant : « Si nous suivions Platon, nous considérerions de telles figures parfaites comme douées de plus de significations ou de plus de réalité que n'importe quel objet véritable. En vérité très souvent, un scientifique ne peut s'empêcher de ressentir une affinité plus grande pour Platon, l'idéaliste radical, que pour certains penseurs "réalistes" ou "matérialistes". Un beau modèle, une belle théorie peuvent ne pas être vrais ; mais une théorie laide est obligatoirement fausse. »⁵⁹⁶

Pour finir, nous n'omettons pas de souligner combien une science se doit de délimiter clairement son objet et les lacunes qui lui restent à combler au fil du temps. « La fécondité épistémologique d'une discipline scientifique se mesure à sa capacité à délimiter clairement et définitivement ses frontières »⁵⁹⁷. Cela aussi est tout l'objet de la méthode. Ce que met en pratique Monod en biologie lorsqu'au chapitre 8 intitulé « Les frontières », il délimite très précisément, comme nous l'avons vu, les énigmes de la biologie moléculaire qui restent encore à élucider : « Ces frontières, dit-il, je les vois, pour ma part, aux deux extrémités de l'évolution : l'origine des premiers systèmes vivants d'une part, et d'autre part le fonctionnement du système le plus intensément téléonomique qui ait jamais émergé, je veux dire le système nerveux central de l'homme. »⁵⁹⁸

La méthode consiste aussi à établir précisément l'objet à définir. Pour Monod, la biologie moléculaire est la science capable de rendre compte intégralement du vivant car la théorie moléculaire du code devient sa seule et unique explication du vivant.

⁵⁹⁴ J. Monod, (1970) p. 118.

⁵⁹⁵ J. Monod, (1970) p. 118.

⁵⁹⁶ A. Lwoff et A. Ullmann, (1980) p. 219.

⁵⁹⁷ B. Andrieu, (2002).

⁵⁹⁸ J. Monod, (1972) p. 178.

Méthode quantitative donc, hypothético-déductive, à l'origine de la construction de modèles, c'est précisément, à l'aune de l'objectivité que l'être vivant se trouve considéré méthodologiquement, et qui, précisément fait problème ; c'est cet aspect paradoxal qu'offre la science qu'est la biologie que nous allons évoquer à présent.

3) Le postulat d'objectivité

Dans une interview du 2 novembre 1970 accordée au *Nouvel Observateur*, Monod se plaît à envisager longuement le caractère paradoxal de la finalité dans l'être vivant qui paraît, dit-il, « violer le postulat d'objectivité », ce qui constitue, à son sens « le sujet de la biologie toute entière » : « L'être vivant, expose-t-il, c'est un objet doué d'un projet. Regardez un oiseau, un cheval, et vous avez immédiatement, intuitivement, l'idée que cet objet est différent des objets non vivants : c'est un objet fonctionnel, dessiné comme par la main d'un ingénieur ou d'un artiste en vue de certaines performances et de certaines fonctions. Au contraire, un objet non vivant se distingue, également dans notre esprit, par le fait qu'il a été façonné par le jeu des forces aveugles qui n'avaient aucune orientation, aucune intention. Autrement dit, les êtres biologiques sont essentiellement finalisés. Cette constatation me semble évidente : elle constitue à mes yeux le paradoxe fondamental, le sujet de la biologie toute entière. Le postulat de la méthode scientifique, c'est ce que j'appelle le postulat d'objectivité : il n'y a pas d'intention dans l'univers. Or, l'existence des êtres vivants paraît violer ce postulat d'objectivité ». « Le problème de la biologie est de comprendre », précise-t-il en 1971, dans un autre entretien relaté dans les Cahiers Cistre, « comment, à partir d'un univers, qui, par postulat de base, est dépourvu de projet, arrivent à se constituer des êtres qui ont un projet. »⁵⁹⁹

Du premier extrait, il est à retenir cette proposition d'ordre théorique qui est que le postulat de la méthode scientifique, c'est ce que Monod appelle « le postulat d'objectivité. » La méthode scientifique se trouve en effet entièrement cadrée par ce postulat de l'objectivité de la Nature. Dès le chapitre 1 de *HN*, se trouve énoncé sa définition tout autant que cette définition implique au niveau méthodologique : « La pierre angulaire de la méthode scientifique est le postulat de l'objectivité de la Nature. C'est-à-dire le refus *systematique* de considérer comme pouvant conduire à une connaissance "vraie" toute interprétation des phénomènes donnée en termes de causes finales, c'est-à-dire de projet. »⁶⁰⁰ Cette recherche de mécanismes va de pair, chez Monod, avec l'exclusion de la finalité hors du champ scientifique et hors de toute

⁵⁹⁹ J. Monod, (1978), Cahiers Cistre.

⁶⁰⁰ J. Monod, (1970) p. 33.

connaissance vraie. C'est aussi ce qu'il affirme dans ce qui fait suite aux propos du deuxième cours que nous avons rapportés plus haut. : « la confrontation de la logique et de l'expérience à soi seule serait évidemment insuffisante à créer une base pour la méthode scientifique telle que nous la comprenons, la pratiquons, à l'heure actuelle, si on n'ajoutait pas ce postulat fondamental que toute espèce d'hypothèse, pour avoir le droit d'être qualifiée de scientifique et de conduire éventuellement à une connaissance vraie, exclut *a priori* l'hypothèse qu'il puisse exister un projet dans la nature. »⁶⁰¹ Jusqu'à la fin de sa carrière, Monod affirme cette règle méthodologique scientifique du postulat d'objectivité de la Nature. Dès le début de *HN*, Monod résume de façon encore plus condensée ce qui est signifié, selon lui, par « le postulat de base de la méthode scientifique : à savoir que la nature est *objective* et non *projective*. »⁶⁰² On a pu suggérer que la mise à l'écart de la cause finale, remonterait, en un certain sens, à saint Thomas d'Aquin qui faisait déjà d'elle la cause des causes et qui donc, l'excluait, en ce sens, également du champ de causes naturelles.⁶⁰³ Quoi qu'il en soit, Monod s'inscrit ici, très clairement, dans la droite ligne du projet cartésien. Ce refus des causes finales en sciences est initié, en effet, dès le XVII^e siècle de façon tout à fait nouvelle par Descartes, au moins dans deux textes célèbres. Le premier se situe dans la première partie des *Principes de la Philosophie*, intitulée « Des principes de la connaissance humaine. » Il s'agit du paragraphe XXVIII qui a pour titre en latin : « *Non causas finales rerum creaturarum, sed efficientes esse examinandas* », ⁶⁰⁴ traduit par : « Qu'il ne faut pas examiner les causes finales des choses créées, mais seulement les causes efficientes. » » Le paragraphe en latin commence par cette énonciation : « *Ita denique nullas unquam rationes, circa res naturales, a fine quem Deus aut natura in iis faciendis sibi, proposuit, desumemus : quia non tantum nobis debemus arrogare, ut ejus consiliorum participes esse putemus.* »⁶⁰⁵ traduit ainsi : « nous ne nous arrêterons pas aussi à examiner les fins que Dieu s'est proposées en créant le monde, et nous rejetterons de notre philosophie la recherche des causes finales ; car nous ne devons pas tant présumer de nous-mêmes que de croire que Dieu nous ait voulu faire part de ses conseils. » Cette même idée se trouve reprise au paragraphe II de la troisième partie « Du monde visible » des *Principes* en ces termes : « *Cavendum esse, ne nimis superbe de nobis ipsis sentientes, fines quos Deus sibi proposuit in creando mundi, a nobis intellegi supponamus.* »⁶⁰⁶, à savoir qu'

⁶⁰¹ J. Monod, (1969-1970) Cours au collège de France, deuxième leçon, p. 11. *Archives de l'Institut Pasteur*, MON, Mss.12, 37.

⁶⁰² J. Monod, (1970) p. 19.

⁶⁰³ « Finalité et intentionnalité. Doctrine thomiste et perspectives modernes. » *Actes du colloque de Louvain-la-Neuve*, 21-23 mai 1990, (1992) Paris / Leuven, Vrin / Peters, éd J. Follon, J. Mc Evoy.

⁶⁰⁴ Descartes, [1644], (1905), tome VIII, p. 15.

⁶⁰⁵ Descartes, [1644], (1905), tome VIII, p. 15.

⁶⁰⁶ Descartes, [1644], (1905), tome VIII, p. 80.

« il faut prendre garde, de peur de nous sentir trop superbement au sujet de nous-mêmes, à supposer que soient comprises par nous les fins que Dieu s'est proposé lui-même dans le monde créé. » Dans le texte des *Méditations métaphysiques*, traduit par le duc de Luynes à partir du texte latin de 1741 et révisé par Descartes en 1647, on trouve dans la quatrième des *Méditations métaphysiques* intitulée « du vrai et du faux » au paragraphe 7, la mention exprime cette fois des choses physiques et naturelles : « sachant déjà que ma nature est extrêmement faible et limitée, et au contraire que celle de Dieu est immense, incompréhensible, et infinie, je n'ai plus de peine à reconnaître qu'il y a une infinité de choses en sa puissance, desquelles les causes surpassent la portée de mon esprit ; et cette seule raison est suffisante pour me persuader que tout ce genre de causes qu'on a coutume de tirer de la fin, n'est d'aucun usage dans les choses physiques, ou naturelles : car il ne me semble pas que je puisse sans témérité rechercher et entreprendre de découvrir les fins impénétrables de Dieu. »⁶⁰⁷

Or, la difficulté aux yeux de Monod vient qu'il fait la constatation paradoxale, que nul ne peut nier, qu'apparaît un projet chez l'être vivant qui pourtant appartient, en tant que tel, à la nature. Monod termine donc la Préface de *HN* « sur une contradiction épistémologique profonde, au moins en apparence »,⁶⁰⁸ déjà signalée dès notre introduction. Monod prend l'exemple de l'œil, que nous avons travaillé, dont le projet est de capter des images au sein de la nature. Ce projet est comparable à celui fait de main d'homme, à savoir la fabrication de l'appareil photo. A cet égard, il est remarquable que Monod constate à son tour, sans nommer cette source aristotélicienne, - dans un contexte, il est vrai, très différent, - ce qu'Aristote soulignait déjà en affirmant que « l'art », au sens de τέχνη, « imite la nature. »⁶⁰⁹ Cette propriété des êtres vivants qui ont un projet, Monod la nomme téléonomie. Dans la 1^{ère} leçon du cours au Collège de France, il précise que celle-ci réside dans l'adaptation de « la structure » d'un objet à « une fonction » permettant la poursuite et la réalisation d'un projet.⁶¹⁰ Dans la troisième leçon, Monod va très loin dans l'affirmation de cette projectivité des êtres vivants car il énonce le fait que précisément les êtres vivants étant précisément des objets "objectifs", mais des objets qui ont un projet[...] » il en résulte que « le biologiste est obligé d'envisager les êtres vivants sous cet aspect projectif. »⁶¹¹ Par conséquent, « l'objectivité nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, à admettre que, dans leurs

⁶⁰⁷ Descartes, [1647], (1905), tome VII, p. 55, tiré du texte latin de R. Descartes [1641] (1904), p. 44.

⁶⁰⁸ J. Monod, (1970) p. 38.

⁶⁰⁹ Aristote, (1973), *Physique* II, 2, 194 a 20, p. 63.

⁶¹⁰ J. Monod, (1969-1970) pp. 20-21.

⁶¹¹ J. Monod, (1969-1970), troisième leçon, pp. 1-2.

structures et performances, ils réalisent et poursuivent un projet, »⁶¹² alors que la science n'observe que des mécanismes. En fait, Monod résout cette contradiction dans *HN* en rapportant ce projet téléonomique à la capacité de conserver et de perpétuer l'espèce, ce qui l'ancrera, en définitive, au plan d'un mécanisme. Toute sa démonstration vise à montrer que le vivant est bien une machine, complexe et très sophistiquée, certes, mais régie par des mécanismes stricts, en particulier des mécanismes régulateurs extrêmement puissants. « Les êtres vivants sont des machines chimiques »⁶¹³ dont la particularité est que « l'organisme est une machine qui se construit elle-même. »⁶¹⁴ La construction, à partir de ces macromolécules d'un « appareil téléonomique » aboutit à un organisme.⁶¹⁵ Le fonctionnement d'un être vivant ne viole ni les lois de la thermodynamique ni aucune loi de la physique mais celles-ci sont « orientées » dans une direction exclusive. Nous avons mis en évidence dans notre chapitre concernant les lois de la physique et de la chimie que cette orientation n'est pas interrogée par Monod, sur un plan métaphysique. Elle est, de fait, constatée sur un plan scientifique.

Il est remarquable que l'exposition de ce postulat d'objectivité aille de pair avec l'exposition du principe d'inertie énoncé par Galilée et Descartes que Monod cite précisément. On peut donc considérer, - Monod tout au moins nous invite à le penser - que la formulation du principe d'inertie fonde non seulement la mécanique mais bien aussi toute l'épistémologie de la science moderne. « La formulation, par Galilée et Descartes, du principe d'inertie, ne fondait pas seulement la mécanique, mais l'épistémologie de la science moderne, en abolissant la physique et la cosmologie d'Aristote. »⁶¹⁶ Dans le deuxième cours au Collège de France, le rattachement de ce postulat au principe d'inertie est encore plus patent : « Je voudrais vous rappeler que l'intervention de ce postulat comme fondamental dans la théorie de la connaissance est un phénomène extraordinairement récent dans l'histoire des idées puisqu'on peut le dater avec une entière précision. C'est très exactement la découverte du concept d'inertie par Galilée et sa formulation beaucoup plus précise et complète par Descartes qui ont fondé le postulat d'objectivité en montrant qu'on commençait à comprendre et à pouvoir utiliser les lois du mouvement, à partir du moment où on renonçait à la physique d'Aristote qui, bien entendu impliquait une certaine subjectivité dans les lois du mouvement puisqu'il fallait que les solides et en particulier les corps célestes soient poussés par une force de quelque autre nature pour continuer leur course ; et on peut dire que c'est cet événement qui a

⁶¹² J. Monod, (1970) p. 38.

⁶¹³ J. Monod, (1970) p. 59.

⁶¹⁴ J. Monod, (1970) p. 60.

⁶¹⁵ J. Monod, (1970) p. 157.

⁶¹⁶ J. Monod, (1970) p. 37.

fondé la science moderne. »⁶¹⁷ Comme le souligne Sophie Roux, dans sa thèse sur *La Philosophie Mécanique*, « l'idée fondamentale commune à la science mécanique et à la philosophie mécanique est l'existence de lois générales du mouvement qui constituent les seules lois de la Nature. »⁶¹⁸ Nous pouvons ici rappeler les deux premières lois sur les trois énoncées par Descartes dans la deuxième partie des *Principes* portant sur « les choses matérielles », aux paragraphes XXXVII et XXXIX qui concernent le principe d'inertie. « La première loi de la nature est que chaque chose demeure en l'état qu'elle est, pendant que rien ne le change ; la seconde étant que tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite. »⁶¹⁹ La troisième loi vise la loi des chocs et stipule que « si un corps qui se meut en rencontre un autre plus fort que soi, il ne perd rien de son mouvement, et s'il en rencontre un plu faible qu'il puisse mouvoir, il en perd autant qu'il lui en donne. »⁶²⁰ Pour être en accord avec les lois du mouvement, et la loi des chocs, la thèse de Monod va consister à considérer que les forces internes qui confèrent leur structure macroscopique aux êtres vivants sont de même nature que les interactions microscopiques responsables des morphologies cristallines. A la base du processus, ce sont les protéines qui sont responsables de toutes les structures et performances téléonomiques.⁶²¹ Et en amont encore de celui-ci, c'est le code génétique, qui tel un cristal "apériodique", contient les instructions qui sont à l'origine de l'expression des protéines qui utilisent les lois de la physique classique.

Monod va rejeter l'idée de projet dans la nature, en s'appuyant également sur l'analyse de Popper, au motif que cette hypothèse n'est pas réfutable et donc, selon le critère de Popper, qu'elle doit être considérée comme non scientifique. Comme cela se trouve énoncé dans la troisième leçon du Collège de France, « il est facile de voir que si nous admettions le postulat "il y a un projet dans la nature", il est parfaitement clair qu'on ne peut même pas imaginer une expérience qui prouverait le contraire. »⁶²² Dans la préface au livre de Popper *La logique de la découverte scientifique* rédigée en août 1972, Monod insiste sur ce que Popper appelle « le critère de démarcation »⁶²³ entre une théorie scientifique réfutable et des thèses, comme le marxisme ou la psychanalyse, irréfutables, et donc hors du champ scientifique : une expérience non réfutable ou falsifiable, selon une traduction peut-être moins heureuse de l'allemand, n'est ni vraie ni fausse : elle n'est pas scientifique tout simplement. C'est dans ce contexte en référence à cette position de Popper qu'il est possible de réinterpréter à nouveau

⁶¹⁷ J. Monod, (1969-1970), deuxième cours, p. 13.

⁶¹⁸ S. Roux, (1996), p. 123.

⁶¹⁹ Descartes, [1644] (1905), *Oeuvres*, tome VII, p. 62-63.

⁶²⁰ Descartes, [1644] (1905), *Oeuvres*, tome VII, p. 63.

⁶²¹ J. Monod, (1970) p. 33.

⁶²² J. Monod, (1969-1970), 3ème leçon, p. 5

⁶²³ J. Monod, (1973), p. 3.

cette assertion de Monod portant sur le postulat d'objectivité : « postulat pur, à jamais indémontrable, car il est évidemment impossible d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la non-existence d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. »⁶²⁴

Dans un écrit fondamental de 1973, intitulé par Monod « *Autocritique* » publié en 1977, sous le titre *Notes de bas de pages* dans la revue *Prospectives et santé*, Monod revient en effet sur ce qu'il a appelé le postulat d'objectivité pour en justifier le bien-fondé, en montrant qu'il y a de nombreuses raisons pour lesquelles il préfère ce terme à celui de principe métaphysique de causalité, que la science moderne met à l'épreuve et récuse en tant que tel. En effet, le principe d'objectivité doit supplanter le principe de causalité devenu inutilisable en raison d'une part de la difficulté à dégager ce qu'est une cause proprement dite, vu la multiplicité des aspects à dégager la concernant, et vu par conséquent la difficulté à la définir, et en raison d'autre part de la rupture du déterminisme causal, remplacé par l'instauration de simples lois statistiques. Dans un long paragraphe de plus d'une quarantaine de lignes de ces *Notes*, que nous donnons ici *in extenso*, tant son caractère nous paraît crucial, voici les raisons évoquées par Monod expliquant d'une part la nécessité d'un fondement métaphysique du postulat et d'autre part la nécessité de le nommer de cette façon : « Je pense en effet, et là je n'innove pas, qu'on ne peut pas justifier, ni fonder la connaissance scientifique sur elle-même ; c'est évidemment impossible car cela serait un cercle vicieux. La construction de la connaissance scientifique implique un postulat de base, un postulat qui n'est pas un postulat scientifique, qui n'est pas un postulat physique, qui est nécessairement un postulat métaphysique. Ce postulat, pendant très longtemps, dans tous les manuels, vous verrez que c'est ce qu'on a appelé le principe de causalité, et on l'attribue volontiers à Descartes, à Galilée et à leurs prédécesseurs. Et effectivement, c'est sous cette forme que la science a été perçue pendant très longtemps, puisque la science jusque vers le milieu du XIX^e siècle, était essentiellement la mécanique au sens large, traitée comme phénomène strictement déterministe et causal. Or on a montré depuis, et les épistémologues modernes sont tous d'accord là-dessus, qu'en fait, le principe de causalité est devenu inutilisable, qu'il l'a toujours été plus ou moins. Il est difficile à employer parce que la notion même de cause est une notion ambiguë (quelle est la cause d'un phénomène ?) : ce que nous appelons la cause d'un phénomène est cette fraction des conditions initiales du phénomène que nous manipulons. Mais il y a d'autres conditions que nous ne manipulons pas, on ne peut donc identifier la cause d'un phénomène, ceci est une première ambiguïté. La deuxième difficulté vient bien entendu de ce que toute la science moderne est fondée sur des lois qui ne sont pas des lois de causalité, mais des lois statistiques.

⁶²⁴ J. Monod, (1970), p. 38.

On ne peut donc plus employer le principe de causalité comme principe métaphysique de base dans la science, et je pense qu'une simple analyse de la nature même de la connaissance scientifique et de la structure des propositions de la science montre qu'il y a effectivement un postulat métaphysique, c'est ce que j'ai appelé le postulat d'objectivité. Personne ne l'a posé dans cette forme, mais je crois que l'analyse même de l'histoire de la science permet de le dégager très aisément. C'est un postulat restrictif et de caractère négatif, je veux dire qu'il pose en principe des restrictions aux interprétations que la science peut donner des phénomènes. Tout type d'interprétation en termes de causes finales est exclu. En définitive, la différence entre la science moderne et la science d'Aristote est là : la science aristotélicienne acceptait les causes finales comme interprétation théorique valable des phénomènes ; à partir de Galilée et de Descartes et de la découverte du principe d'inertie, ce que l'on a appelé la connaissance scientifique excluait par définition toute espèce d'interprétation téléologique. Mais ceci est, à mon sens, le problème de fond de la biologie. Je crois que si l'on devient biologiste, si on est motivé dès le départ dans sa jeunesse pour étudier la biologie, c'est parce qu'on est conscient plus ou moins du profond paradoxe que pose l'étude des êtres vivants. Puisque enfin, si nous admettons qu'il n'y a pas de projet dans l'univers (1), et que toute interprétation donnée en termes de projet dans l'univers ne peut être qualifiée de « scientifique » (2), comment interprétons-nous l'existence de ces êtres que le biologiste étudie, et qui, de toute évidence, sont des êtres programmés, et qui deviennent sans aucun sens pour moi, et même heuristiquement inanalysables si nous n'admettons pas que les yeux sont faits pour voir et que les pattes sont faites pour marcher, par exemple. »⁶²⁵

Comme l'énonce Popper, « le principe de causalité » consiste dans l'affirmation que n'importe quel événement *peut* être expliqué par un lien causal, *peut* être prévu de manière déductive. »⁶²⁶ C'est la raison pour laquelle Popper rejette également ce principe en raison de la non réfutabilité de son caractère métaphysique et non scientifique.

Il est remarquable que Monod emploie le terme de postulat d'objectivité et non celui de principe d'objectivité : cette notion de postulat est à prendre au sens de ce qu'il est demandé d'accepter jusqu'à preuve du contraire. En effet, dans la tradition de la logique classique, l'axiome était le point de départ de ce que l'on considérait comme vrai, à partir duquel se construisait un raisonnement. En particulier, dans l'histoire des sciences, l'axiome euclidien paraissait intangible. Ce n'est qu'après la découverte de la possibilité de géométrie non euclidienne par Riemann et Lobatchevski que ces axiomes furent qualifiés de postulats. Ce terme de postulat choisi par Monod, à propos de l'objectivité, signifie que Monod a totalement

⁶²⁵ J. Monod, (1977) « Notes de bas de pages », *Prospectives et santé*, n°1, pp. 11-22.

⁶²⁶ K. Popper, (1973), p. 59.

conscience qu'il n'y a pas de preuve décisive concernant l'existence de cette objectivité. Il a conscience que d'une part, celle-ci a partie liée avec la subjectivité des principes de la connaissance humaine et que, d'autre part, avec le nouvel éclairage de la physique quantique, il devient de plus en plus difficile de concevoir la notion d'objet. Monod n'ignore pas la critique que fait la nouvelle physique quantique de l'objectivité. Il nous suffit, pour illustrer ce soupçon à l'égard de l'objectivité, de rappeler le passage suivant où Heisenberg, dans *La nature dans la physique contemporaine*, met radicalement en cause la conception traditionnelle de l'objet: « La conception de la réalité objective des particules élémentaires ou des atomes s'est étrangement dissoute non pas dans le brouillard d'une nouvelle conception de la réalité obscure ou mal comprise, mais dans la clarté transparente d'une mathématique qui ne représente plus le comportement de la particule élémentaire mais la connaissance que nous en possédons. Les tenants de l'atomisme ont dû se rendre à l'évidence que leur science n'est qu'un maillon de la chaîne infinie des dialogues entre l'homme et la nature et qu'elle ne peut plus parler simplement d'une nature "en soi". »⁶²⁷ Il était vrai qu'avant la physique quantique, on ne doutait pas ce qui était objectif avait lieu, que nous soyons là ou non pour l'observer. Avec la physique quantique, comme le dit encore Heisenberg, la nature « nous montre que nous ne pouvons plus du tout considérer comme une chose en soi les moellons de matière, lesquels à l'origine étaient tenus pour la réalité objective ultime et qu'au fond, nous ne disposons pour tout objet, que de notre connaissance, qui n'est qu'une partie[...] Nous nous trouvons plutôt au sein d'un dialogue entre la nature et l'homme dont la science n'est qu'une partie, si bien que la division conventionnelle du monde en sujet et objet [...] ne peut plus s'appliquer et soulève des difficultés. »⁶²⁸

De plus, il est possible de suggérer que le choix par Monod du terme de "postulat" d'objectivité et non celui de "principe" pourrait évoquer une ouverture possible sur d'autres champs du réel, relevant d'autres principes que de cette impérative injonction d'objectivité. Monod poserait ce choix de l'objectivité comme une option méthodologique permettant la fécondité de la recherche scientifique. Il l'établit, de fait, comme un principe méthodologique de la connaissance, et sans doute aussi, comme un principe du réel mais qui ne se veut peut-être pas nécessairement totalement exhaustif concernant la compréhension totale de la totalité. La preuve est qu'il le fonde sur un choix éthique, comme il le dira expressément au chapitre 9 de *HN*: « Il est évident que de poser le postulat d'objectivité comme condition de la connaissance vraie *constitue un choix éthique.* »⁶²⁹ Nous pouvons faire remarquer que ce

⁶²⁷ Heisenberg, (1962), pp. 18-19.

⁶²⁸ Heisenberg, (1962), p. 29.

⁶²⁹ J. Monod, (1970), p. 220.

choix éthique peut relever de la vertu, non au sens d'une vertu proprement morale, mais au sens d'une vertu intellectuelle, selon la distinction aristotélicienne définie dans *l'Ethique à Nicomaque*.⁶³⁰

Ce postulat d'objectivité permet d'exercer une activité réductrice, puisque objectivante, qui permet de remonter à la plus petite particule élémentaire pour en déceler des propriétés. En effet, Monod tient au fait, contrairement à Hegel pour qui le fondement de toute détermination est une négation, que le fondement de la détermination est bien une positivité du réel : la distinction des objets se fait par la distinction, jusqu'à l'élémentaire, de leurs propriétés respectives. Par conséquent, cette méthodologie fondée sur le postulat d'objectivité assure réussite et fécondité au niveau de la connaissance du réel, celle qui se base sur une réduction du complexe à l'élémentaire. C'est effectivement ce postulat d'objectivité qui permet, comme le manifestent tous les travaux exposés précédemment, de mettre en lumière les mécanismes moléculaires qui sont à l'origine du développement et de l'évolution des organismes. Monod met effectivement clairement en évidence le fait que "l'objet" dont traite la biologie n'est pas uniquement l'objet usuel, celui qui me tombe sous les yeux. Il énonce par là qu'un même objet peut se lire selon différents niveaux de réalité : au niveau microscopique, l'objet devient soumis à l'examen de la physique quantique, avec ses incertitudes, son indétermination et sa transformation par l'instrument de l'observation. C'est à ce niveau microscopique que Monod considère que le hasard règne en maître ; au niveau macroscopique où règne la sélection, les lois du vivant relèvent en revanche de la physique classique.

De plus, par l'adoption du postulat d'objectivité, Monod énonce le fait que les données sensorielles captent de l'objet un aspect de celui-ci sans le saisir pour autant tel qu'il est, sans doute, en lui-même : il en appelle, rappelons-le, à une épistémologie critique, celle de Kant et de Mach, de l'école de Copenhague.⁶³¹ Il s'oppose à la thèse du pur reflet, du parfait miroir qui manifeste surtout l'ampleur du désastre épistémologique de l'usage scientifique des interprétations dialectiques. En effet, Engels prenait le risque de s'appuyer sur l'observation du devenir des phénomènes naturels pour asseoir son matérialisme métaphysique. Il pensait qu'en analysant les causes secondes, il poserait la cause finale et première. Cela était logique dans ce système puisque la cause première étant la matière, c'était en son sein qu'on pouvait tenter d'établir une métaphysique matérialiste. Ainsi, Monod instaure une posture méthodologique originale, qui tout en garantissant la fécondité d'un matérialisme scientifique, peut laisser ouvert, selon les choix interprétatifs, à la possibilité d'une métaphysique non matérialiste. Ce sont ces perspectives qui feront l'objet des débats de la troisième partie de

⁶³⁰ Aristote, (1979) I, 13, p. 86.

⁶³¹ Monod, (1970), pp. 56-58.

notre recherche, mais dont nous allons déjà discuter dès maintenant les conséquences à propos de l'instauration même de ce postulat, en mesurant ce qui en fait à la fois la richesse mais aussi les limites, du fait de son statut méthodologique.

DISCUSSION sur la méthode, et plus spécifiquement sur le postulat d'objectivité :

Dans la discussion qui va suivre, nous nous interrogerons tout d'abord sur l'emploi du terme de postulat, en le replaçant tout d'abord dans son contexte étymologique ; nous montrerons ensuite sa proximité actuelle, dans sa dénotation de plus en plus liée à une validité logique, avec le sens de la notion d'axiome qui, elle aussi, a perdu sa dénotation initiale, au vu des critiques dont elle a été l'objet, faisant droit à une multiplicité des repères relatifs qui, en fonction des critères de départ, en nient le caractère d'évidence, comme le montre Robert Blanché dans *l'Axiomatique*. Puis, nous soulignerons le fait que Monod est bien conscient de faire reposer ce postulat sur un choix éthique et donc problématiquement métaphysique, fait sur lequel nous nous interrogerons et tenterons d'en voir les conséquences, sans toutefois omettre de souligner la fécondité de ce postulat du point de vue méthodologique, une fois pris pour acquis l'exclusion des causes finales en sciences de la nature, depuis Descartes.

Enfin, après avoir fait entendre le point de vue de ceux qui voient en ce postulat une contrainte inadaptée à l'étude du vivant, nous tiendrons à établir que la solution des difficultés soulevée réside dans le fait d'opérer une distinction nécessaire des niveaux d'interprétation.

Reprenons tout d'abord la genèse de ce concept de postulat pour en déterminer toutes les conséquences conceptuelles, quant à l'usage qu'en fait Monod.

On peut remonter à la définition grecque de αίτήμά donnée par Aristote dans les *Seconds Analytiques*. Dans la définition qu'en donne Aristote en effet : « ἔστι γὰρ αίτήμά ...ο ἄν τις αποδεικτονον λαμβανή κάί χρήται μή δείξας »⁶³² ; un postulat est ce qu'on demande à l'auditeur d'accepter car c'est « ce que l'on prend et dont on se sert comme démontrable sans l'avoir démontré. » En mathématique, le postulat est une proposition non susceptible de démonstration et admise avec toutes ses conséquences, tel le postulat d'Euclide. Le postulat qui vient du latin *postulare*, est ce que le mathématicien « demande », calqué du grec αίτήμά venant du verbe *aitio*, signifiant demander, qu'on lui accorde et qui sert de fondement au reste de son exposé. Le postulat est donc une proposition qui est nécessairement requise pour

⁶³² Aristote, (2005) *Seconds Analytiques*, I, 10, 76 b 30, p. 116.

établir une démonstration, sans que lui-même relève d'une démonstration. En ce sens, le postulat n'est ni une proposition évidente par elle-même, ce qu'était l'axiome - bien que cela soit de moins en vrai puisque la notion d'évidence est remise en cause - ni une définition, quoiqu'on ait pu voir en lui une définition déguisée, comme le voulait Poincaré, et le rendre en cela synonyme de l'axiome.⁶³³ Le postulat reste donc hypothétique. Robert Blanché en définit le statut dans *L'axiomatic* : « Le statut logique des postulats est clair : ils sont, non pas affirmés à titre de vérités génératrices d'autres vérités, mais simplement posés à titre d'hypothèses, telles qu'elles permettent de déduire un ensemble donné de propositions, ou dont on se propose de rechercher quelles conséquences elles impliquent. »⁶³⁴

En partant d'un postulat, on dit seulement ceci : « Si l'on pose, arbitrairement, tel ensemble de principes, voici les conséquences qui, formellement, en résultent. »⁶³⁵ D'un raisonnement fondé sur un postulat, on en déduit donc sa validité et non une vérité. C'est pourquoi, « selon le mot de Pieri », on peut parler de « la mathématique comme un système hypothético-déductif. »⁶³⁶ Cette même méthode hypothético-déductive, nous l'avons vu, est celle appliquée par Monod à la méthode de la biologie moléculaire. *Le grand dictionnaire de la philosophie* sous la direction de Michel Blay différencie précisément le postulat de l'axiome : « le postulat est une proposition première, non démontrée, d'une théorie. Il convient de préciser en quoi le postulat se distingue des autres propositions premières que sont les axiomes. Une distinction, assez systématiquement respectée dans les éléments d'Euclide, tient au fait que les axiomes nommés *notions communes*, concernent toutes les sciences, toute connaissance de raison, alors que les postulats désignés par le termes *demandes* sont propres à la science dont on veut faire la théorie. »⁶³⁷ Un postulat ne requiert donc pas, en tant que tel, de vérification dans la réalité mais se mesure à la fécondité de ses conséquences dans une science particulière.

L'axiome, lui revêt initialement, dans son étymologie même une dignité, comme la référence grecque au qualificatif *axios* l'indique : ce qui est digne, ce qui vaut par lui-même, ce qui a une valeur intrinsèque. Cependant, ce sens étymologique « s'amenuise dans une conception hypothético-déductive, axée sur l'idée de cohérence logique plutôt que sur celle de vérité absolue. »⁶³⁸ L'axiome ou « la notion commune » semblait relever d'un jugement analytique, à la différence du postulat, qui relèverait d'un jugement synthétique. Mais cette différence est considérée comme de plus en plus contestable, car ce que l'on pouvait penser jugement

⁶³³ H. Poincaré (1943), p. 67.

⁶³⁴ R. Blanché, (2009) [1955], p. 37.

⁶³⁵ R. Blanché, (2009) [1955], p. 15.

⁶³⁶ R. Blanché, (2009) [1955], p. 15.

⁶³⁷ Michel Blay (sous la dir. de), *Grand Dictionnaire de la philosophie*, (2003) « Postulat », article de Vincent Jullien, p. 838.

⁶³⁸ R. Blanché, (2009) [1955], p. 19.

analytique est en fait vu de plus en plus comme « une convention qui délimite un certain champ. », ⁶³⁹ si bien que « la séparation entre les axiomes et les postulats souvent restée indécise, » ⁶⁴⁰ le demeure actuellement.

Il reste que Monod pense encore à la valeur de l'axiome, et donc se réfère encore, d'une certaine façon, à l'usage antique de ce terme, lorsqu'il évoque précisément un axiome de valeur. En effet, le postulat d'objectivité se trouve reposer sur un axiome de valeur lorsque Monod reconnaît que « la connaissance vraie ignore les valeurs, mais qu'il faut pour la fonder un jugement ou plutôt un *axiome* de valeur. » ⁶⁴¹ Si la méthode n'est nullement une éthique, elle repose sur une éthique. Les propos de Monod confirment nettement ces deux points. « La méthode est une épistémologie normative, ce n'est pas une éthique », comme l'exprime Monod à la fin de la *Leçon inaugurale*. Néanmoins, elle est fondée sur « cette éthique de la connaissance » ⁶⁴² pour laquelle la valeur suprême, le « souverain bien » est la connaissance objective elle-même, soumise au postulat d'objectivité.

Il faut donc admettre que, depuis Descartes, « le postulat d'objectivité, comme le dit Monod, est consubstantiel à la science. » ⁶⁴³ Il convient donc de souligner également que ce postulat d'objectivité devrait rester une règle méthodologique pour la recherche scientifique et n'est pas, dans son essence même, un postulat d'ordre ontologique ou métaphysique. Le problème serait si ce postulat entendait disqualifier la recherche métaphysique. Il exercerait alors une clé de lecture pour l'ensemble du réel qu'il considérerait comme seule capable d'ouvrir au vrai et exclurait de son champ la recherche métaphysique, comme moins sérieuse car non scientifique, voire totalement illusoire.

Claude Tresmontant a lu *HN* et entend faire passer une certaine critique à l'égard de ce livre de Monod dans *Comment se pose aujourd'hui le problème de l'existence de Dieu ?* En effet, on peut y lire : « Monod a postulé au départ, comme fondement de la science, la négation de toute intention, de tout dessein, de toute intelligence créatrice et organisatrice, c'est-à-dire en somme l'athéisme. » ⁶⁴⁴ Par rapport à cette première phrase d'attaque, il est possible de considérer que Monod est tout à fait dans son droit de scientifique, dans sa manière "a-thée", de regarder le monde, en scrutant le réel dans sa consistance propre, même si C. Tresmontant semble voir dans sa démarche, sans doute à tort ici, une pétition de principe. Là où effectivement C. Tresmontant met le doigt sur un outre-passement de la part de Monod hors

⁶³⁹ R. Blanché, (2009) [1955], p. 19.

⁶⁴⁰ R. Blanché, (2009) [1955], p.19.

⁶⁴¹ J. Monod, (1970) p. 220.

⁶⁴² J. Monod, (1970) p. 220.

⁶⁴³ J. Monod (1970), p. 38.

⁶⁴⁴ C. Tresmontant, (1966- supplément 1971) pp. 358-359.

de son domaine proprement scientifique, serait le passage de ce postulat à un dogme, qui donnerait à la science plein pouvoir pour répondre à toutes les questions posées par le réel. Ce qui reviendrait à adopter une vision scientiste de la science. Les propos suivants de C. Tresmontant font effectivement, à juste titre, état de cette critique : « Non seulement il l'a posé comme postulat méthodologique, pour l'exercice de la science, mais par un glissement subtil, il l'a posé comme postulat ontologique : en réalité les choses sont ainsi. Il n'y a pas d'intelligence organisatrice dans la nature, alors les choses ne peuvent se passer qu'au hasard, puisque le hasard n'est rien d'autre que la négation d'une intelligence ou d'un dessein. Comment passe-t-on du postulat méthodologique au dogme ontologique ? On ne le dit pas. »⁶⁴⁵

De fait, Monod reconnaît que ce postulat est chez lui un postulat d'ordre métaphysique. Il en convient de façon très claire, dans la 2^{ème} leçon où il précise : « Je voudrais aussi, en passant, simplement noter que le postulat d'objectivité dont je parle, est bien entendu, un choix arbitraire d'un certain type de connaissance et lorsque nous déclarons qu'il n'y a pas de connaissance vraie hors de ce choix et hors de l'acceptation de ce postulat, nous érigeons ce postulat en dogme, »⁶⁴⁶ même si ce choix ne semble aucunement étayé de façon vraiment rationnelle, si ce n'est en reconnaissant que toute connaissance scientifique repose, non pas sur des vérités indémonstrables comme le voulait Pascal, mais sur un postulat de base indémontrable, qu'il appelle postulat d'objectivité, qui a vocation à remplacer le principe de causalité jugé, à l'époque contemporaine, inopérant, au vu des apories qu'il suscite avec la nouvelle ère scientifique ; cette appellation pose en effet les importants problèmes épistémologiques que nous avons signalés, liés non seulement à la difficulté de la définition du concept de cause mais aussi à l'orientation de la recherche contemporaine vers l'établissement, non plus de causes, mais de lois statistiques, comme le font valoir Duhem en particulier, ou Koyré ; ce qui nécessite, selon Monod, ce changement d'appellation.

Sur l'énoncé extrait du texte cité plus haut, lors de l'exposé précédent sur le postulat d'objectivité, il serait sans doute possible, par exemple, de dégager ce qui relève du dogme et ce qui relève du postulat. « ...si nous admettons qu'il n'y a pas de projet dans l'univers (1), et que toute interprétation donnée en termes de projet dans l'univers ne peut être qualifiée de « scientifique » (2), comment interprétons-nous l'existence de ces êtres que le biologiste étudie, et qui, de toute évidence, sont des êtres programmés, et qui deviennent sans aucun

⁶⁴⁵ C. Tresmontant (1966), p.359.

⁶⁴⁶ J. Monod, (1969-1970), deuxième leçon, p.12.

sens pour moi, et même heuristiquement inanalysables si nous n'admettons pas que les yeux sont faits pour voir et que les pattes sont faites pour marcher, par exemple. »⁶⁴⁷

L'assertion (1), numérotée de cette façon par Monod, selon laquelle, il n'y a pas de projet dans l'univers est effectivement un « dogme », au sens d'une proposition ontologique, donné ici par Tresmontant ; Le terme de dogme, ici, est utilisé au sens d'un présupposé non démontré, d'une option métaphysique qui ne découle pas et ne peut certainement nullement découler d'une analyse issue de la recherche scientifique. Le faire passer en premier dans la phrase, comme une prémisse évidente, le fait accepter par le lecteur d'autant que sa vérité paraît corroborée par la (2), qui reconnaît une finalité interne au vivant. Et pourtant si la (2) est vraie selon une certaine perspective scientifique, cela n'implique pas pour autant qu'on puisse affirmer au nom de cette science qu'il n'y a pas de projet dans l'univers. Qu'il n'y ait pas de projet de l'univers, cela est scientifiquement et métaphysiquement convenable car l'univers n'est pas un agent doué d'intention. Qu'il n'y ait pas de projet à l'œuvre dans l'univers n'en est pas une conséquence nécessaire pour autant. Ici le plan scientifique et le plan métaphysique se trouvent clairement confondus. On pourrait dire, en d'autres termes, que si le projet « de » la nature n'est pas scientifique, - car il est inconcevable de faire de la nature le sujet d'une l'action de son déploiement, ce qui serait retomber dans l'impasse de l'animisme au sens de Monod⁶⁴⁸ -, si donc la nature ne peut être considérée que dans son développement objectif, il n'est pas contradictoire dans les termes d'envisager un projet « à l'œuvre » dans la nature, qui, tout en transcendant cette nature, imprime en elle, à travers le caractère intelligible de ses propriétés, les indices d'un logos qui suscite sans cesse un rapport au monde, en le soutenant dans son existence même. On pourrait concevoir en effet métaphysiquement que la nature soit, non pas le sujet, ce qui paraît, il est vrai absurde, mais bien l'objet d'une action d'un être intelligent qui la crée et qui la soutient dans son existence créée.

En quoi considérer dès lors qu'il puisse y avoir ici passage discutabile d'un postulat ici à un dogme ? Le dogme est, par définition, pour ses adeptes, un principe incontestable, une affirmation fondamentale et intangible, qui fonde une réalité explicative considérée comme la seule légitime. Un postulat, nous venons de le voir, est une exigence théorique et qui, en tant que tel, n'est pas un principe qui fait nécessairement état de l'ensemble de la réalité. Si donc Monod respecte cette épistémologie normative, qui repose sur le postulat d'objectivité, il doit se contenter de dire que ses principes scientifiques ne sont pas en mesure de dire, car tel n'est pas son propos, s'il y a ou non finalité dans l'univers. Mais ce n'est pas la même chose que

⁶⁴⁷ J. Monod, « Notes de bas de pages », *Prospectives et santé*, n°1, pp. 11-22, 1977

⁶⁴⁸ J. Monod, (1970), p. 49. « La démarche essentielle de l'animisme (tel que j'entends le définir ci) consiste en une projection dans la nature inanimée de la conscience qu'a l'homme du fonctionnement intensément téléonomique de son propre système nerveux central. »

d'affirmer avec certitude qu'il n'y a aucune finalité dans l'univers. Rappelons qu'au début de *HN*, Monod parle bien d'un « postulat indémontrable » « car il est évidemment impossible d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la non-existence d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. »⁶⁴⁹ Il faut déduire de cela qu'apporter la preuve d'une absence ou au contraire d'une présence de finalité n'est donc en rien une préoccupation scientifique. Tant que ce postulat reste un postulat scientifique, il ne pose pas de difficulté au sens où il est la simple affirmation que tout effet physique a une cause physique à rechercher et que la biologie se doit, de par la tâche qui lui est propre, de considérer le vivant dans sa consistance propre et son autonomie, sans avoir à se référer à un projet ou à une finalité qui dépasse l'objet qu'elle se propose. Cependant, une difficulté viendrait, d'une part, de ce que Monod convienne qu'il s'agit bien d'un postulat d'ordre métaphysique et, d'autre part, de ce que toute sa démonstration pour lever la contradiction finalité du vivant/mécanisme se fait en faveur du mécanisme qui dissout finalement cette finalité comme simplement apparente. Cette difficulté devient donc, en somme, surmontable, scientifiquement parlant, au profit d'un anti-finalisme : l'évolution obéit à des contraintes nécessaires tout en puisant toutes les conditions de possibilité d'émergence de nouveaux vivants dans les aléas du seul hasard qui devient le principe essentiel et fondamentale en science. Le problème serait dès lors si cette explication devenait la seule légitime et appropriée pour régler la question de l'origine de tout ce qui est. Le problème serait donc si cet anti-finalisme en sciences devenait la seule interprétation possible pour la compréhension de la réalité toute entière. Il serait tout de même possible de considérer que, pour Monod, cette finalité ne regardait pas son champ d'investigation, sans l'exclure d'un autre type de recherche possible. En effet, si ce postulat reste purement scientifique et méthodologique, il n'est possiblement pas « une forme larvée d'élimination métaphysique de la finalité », comme le remarque Paul Clavier dans *Qu'est-ce que le créationnisme*.⁶⁵⁰ La difficulté vient du fait que Monod entend bien aussi faire de ce postulat, comme nous l'avons énoncé, un postulat qu'il considère métaphysique, car d'un point de vue métaphysique, c'est précisément cette question de la finalité, en réalité, qui est visée et qui reste entière et demeure tout à fait légitime. Ce serait cette confusion des plans strictement scientifique et métaphysique, décelable ici chez Monod, qui serait préjudiciable. D'où la pertinence de la distinction dans l'analyse de ces deux plans, effectuée par Paul Clavier à la fin du chapitre dont nous avons extrait le passage précédent : « Tant qu'on en reste à la description et à l'explication biochimiques, les mécanismes à l'œuvre, les organismes et les traits comportements n'ont ni intelligence ni dessein. Ce sont des objets inanimés ou de

⁶⁴⁹ J. Monod, (1970) p. 38.

⁶⁵⁰ P. Clavier, (2012) p. 64.

simples faits. L'interprétation finaliste, impliquant un véritable agent doué d'intention, ne sera recevable et discutable qu'à un autre niveau de description et d'explication : le niveau métaphysique, qu'il importe de distinguer soigneusement du niveau d'exploration scientifique. C'est faute de soigner cette distinction qu'emportés par leurs convictions, créationnistes et matérialistes veulent faire passer pour des thèses scientifiques ce qu'une prudente enquête métaphysique doit, le cas échéant, tenter d'établir. »⁶⁵¹

A la lumière de ces quelques dernières lignes, dans ce débat précis qui nous occupe, où C. Tresmontant reprochait à Monod cet aspect dogmatique, on peut effectivement regretter avec C. Tresmontant ce passage au « dogme » chez Monod, qui risquerait de le ranger, sous ce point de vue, dans le camp des penseurs matérialistes, dans la droite ligne de Démocrite et de Lucrèce; mais si cette erreur de confusion des plans est signifiée ici à l'encontre de Monod, il faut aussi reconnaître qu'elle a pu être aussi le fait de Claude Tresmontant, qui risque, à l'inverse, quelquefois de donner dans la catégorie des créationnistes. En effet, si l'erreur de Monod consistait à risquer d'ériger en dogme l'objectivité, comme explication dernière de ce qui est, alors qu'il ne la voulait poser qu'à titre de postulat, l'erreur de Claude Tresmontant consisterait à vouloir faire passer une thèse métaphysique pour une thèse scientifique lorsqu'il lui arrive, dans certains textes, tel celui qui établit qu'« en fait, création et commencement ne sont pas dissociables »⁶⁵² de donner à penser qu'il confondrait la thèse du commencement de l'univers, qui est une question d'ordre proprement scientifique avec celle de la création qui, quant à elle, porte sur le statut ontologique et non pas physique de son origine.

Divers auteurs se font l'écho dès lors d'une sorte d'imprudence méthodologique tout autant que métaphysique de Monod qui serait fonder sur un parti pris d'objectivité. Le tort quelquefois de ces auteurs est de faire un amalgame entre ce que l'on peut attendre du niveau scientifique et ce qu'une analyse proprement métaphysique peut dégager et induire en partant des faits.

Gilson, par exemple, reproche que ce parti pris soit finalement le choix d'une subjectivité qui s'affirme : « comment Monod peut-il espérer résoudre, dit-il, cette contradiction épistémologique profonde puisque le postulat d'objectivité dont il part élimine d'entrée de jeu l'un des deux termes ? En fait, ainsi entendu, le postulat d'objectivité est le triomphe de la subjectivité. »⁶⁵³ Critique également de la part de Madeleine Barthélémy-Madaule qui fait remarquer que, « l'objectivité n'est peut-être pas d'exclure ou de poser les causes finales,

⁶⁵¹ P. Clavier, (2012) p. 66.

⁶⁵² C. Tresmontant, (1966) p. 450.

⁶⁵³ E. Gilson, (1971) *D'Aristote à Darwin et retour*, p. 179

c'est peut-être simplement la fidélité au réel, quel qu'il soit. Et si l'indéterminisme ou la finalité étaient inscrits dans le monde objectif, l'objectivité ne serait-elle pas de l'admettre ? »⁶⁵⁴

Il est pourtant possible de convenir que l'objectivité est le domaine régi par la méthodologie scientifique et que la finalité reste un domaine ouvert à la métaphysique, sur lequel la science reconnaît de n'avoir rien à dire. Là où le reproche de Madeleine Barthélémy-Madaule, en revanche, semble, tout à fait justifié à mes yeux, c'est quand elle fait valoir que le tort serait de faire de l'objectivité la valeur absolue ouvrant la clé sur l'ensemble du réel. C'est tout le sens de la critique suivante, contenue dans sa conclusion provisoire : « C'est pourquoi, dit-elle, nous mettons en doute la valeur absolue de l'espèce d'objectivité que nous propose Monod. »⁶⁵⁵ Elle considère dès lors les implications des risques de cette valeur considérée comme absolue : « nous pensons que cette objectivité pourrait être le comble de l'idéalisme, c'est-à-dire du subjectif, au sens où le rejet de la finalité constitue un projet qui serait, paradoxalement, celui de l'exclusion de tout projet. »⁶⁵⁶ En ce sens, elle dit encore : « Qui sait si l'intention de maintenir le primat d'un mécanisme a-humain ne peut pas constituer aussi un projet ? »⁶⁵⁷ Il est vrai que ce projet est un projet scientifique, ce dont Monod conviendrait parfaitement. Là encore, cette critique ne dégage sans doute pas assez les plans, l'objectivité revenant à la science, la finalité à la métaphysique. S'alignant sur cette position, de nombreux scientifiques, en mathématiques, en physique comme en biologie n'excluent pas non plus des relations de finalité, à prendre en compte, mais peut-être pas au strict plan méthodologique. Nous tenons en ce sens les conclusions de 1971 de Pierre-Paul Grassé, biologiste, venant totalement à l'encontre de ce postulat : « La finalité de fait, telle que nous la constatons en tout être vivant... n'est pas une construction de l'esprit, elle existe, et la nier, c'est nier le fait biologique lui-même. »⁶⁵⁸ Selon le mathématicien Georges Salet, seul le postulat du réalisme est légitime : « les progrès de la science n'exigent pas l'adoption de postulats, mais au contraire le rejet de tout postulat sauf un seul : celui que l'univers existe indépendamment des représentations de notre esprit. »⁶⁵⁹ Seul ce postulat du réalisme mériterait donc, selon lui, le nom de postulat d'objectivité de la nature.

Il faut, face à ce type d'argumentations, tenir au fait que les sciences n'ont pas une méthodologie qui leur permet de traiter cette finalité et que, pour autant, celle-ci est

⁶⁵⁴ M. Barthelemy-Madaule, (1972) p. 51.

⁶⁵⁵ M. Barthelemy-Madaule, (1972) p. 51.

⁶⁵⁶ M. Barthelemy-Madaule, (1972) p. 52.

⁶⁵⁷ M. Barthelemy-Madaule, (1972) p. 52.

⁶⁵⁸ P-P. Grassé, (1971) *Toi ce petit Dieu*. p. 46.

⁶⁵⁹ G. Salet, *Hasard et certitude*, (1972). « Lettre d'un mathématicien à un biologiste », p. XXXVII, éd Saint-Edme

envisageable au plan d'une recherche métaphysique. Cette proposition mettrait en évidence simplement le fait que les sciences, à elles seules, ne peuvent pas rendre compte de la totalité du réel.

Monod, à cet égard, semble, il est vrai, quelquefois, ne pas considérer cette recherche métaphysique à sa juste valeur. Nous voyons, en effet, dans certains cas, combien Monod se méfie des réponses métaphysiques si ce ne sont pas les réponses mêmes obtenues par la science, seule capable de connaissance vraie. En particulier, le caractère d'excellence de la biologie, seule capable d'ouvrir la voie d'accès à la résolution de l'énigme de la nature humaine, est posé dès le début de la préface de *HN*. Dès le début de l'ouvrage, il est affirmé que « la biologie est de toutes les disciplines celle qui tente d'aller le plus directement au cœur des problèmes qu'il faut avoir résolus avant de pouvoir seulement poser celui de la « nature humaine » en termes autres que métaphysique. »⁶⁶⁰

De cette affirmation peut surgir un questionnement sous deux aspects :

1) Le problème de la nature humaine ne doit-il pas aussi se poser en termes métaphysiques, sauf à perdre une dimension sans doute essentielle de l'être humain ? Autrement dit, le problème de la « nature humaine » posé en termes strictement scientifiques suffit-il à bien poser la question de savoir ce qu'est l'homme ? Car, il faut souligner que si la science explique les mécanismes et les fonctionnalités de l'être vivant, la métaphysique a pour but de chercher à comprendre, précisément, quel est le sens de la destinée humaine. Cette question constituera un des enjeux de notre troisième partie.

2) Le postulat d'objectivité de la Nature, pierre angulaire de la méthode scientifique, reste problématique lorsqu'il s'applique précisément à un vivant. Cela ne reviendrait-il pas à la science de prendre acte de cette finalité, sans chercher jamais à la réduire finalement à un simple mécanisme, et à refuser de la traiter scientifiquement ? Ce qui laisserait un champ grand ouvert à la métaphysique. Toute interprétation des phénomènes donnée en termes de causes finales, c'est-à-dire de projet, serait donc inadéquate en science et à la limite ne servirait que de « principe régulateur », comme le voulait Kant.

Cependant Monod reconnaît lui-même qu'il est impossible de démontrer l'inexistence du finalisme. Il reconnaît en effet que sa position repose sur un postulat, à jamais indémontrable.

Il faut néanmoins souligner aussi que Monod lui-même connaît, sur un plan strictement scientifique, des difficultés à se départir d'une interprétation finaliste du vivant. Certes, dans de nombreuses occurrences, il s'emploie à décrire le vivant comme un mécanisme. Voir la

⁶⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 11.

cellule comme une « usine », une « machine », ⁶⁶¹ le ribosome, comme « une machine-outil qui fait avancer cran par cran une pièce en train d'être façonnée », « tout cela faisant penser irrésistiblement à une chaîne de production dans une usine de mécanique » ⁶⁶² ou « jouant le rôle d'établi pour l'assemblage des divers constituants du mécanisme. » en sont autant d'exemples. ⁶⁶³ Mais se trouvent également employés des termes empruntés au vocabulaire de l'information, où, avec, en particulier l'emploi fréquent du concept de « code », c'est à chaque fois une manière de réintroduire un moyen au service d'une fin. Si bien que pour être en parfaite adéquation avec ses principes, Monod récusera en 1974 au Colloque de Royaumont ce modèle linguistique et par-delà, ce modèle lié à la finalité, où il déclare : « J'ai commis une confusion de langage en empruntant des termes aux linguistes pour décrire ce que nous estimons être aussi mécanique qu'une machine (...) Pour les biologistes, la mécanique du code est comparable à une machine à photocopier, et non pas à un langage. » ⁶⁶⁴ Soit, pourrait-on rétorquer à Monod, mais la machine à photocopier est encore conçue comme un moyen en vue d'une fin. Le terme même de « fonction » n'y échappe pas. Car la fonction d'un organe explique le rôle qu'il tient en vue de telle ou telle opération. Robert Spaemann dans son article intitulé *Téléologie et téléonomie*, fait remarquer que « les considérations fonctionnelles sont des considérations téléologiques » et « les biologistes ne peuvent s'en tirer sans considérations fonctionnelles, sans employer le mot « bon » au sens de « bon pour. » ⁶⁶⁵

À cela, l'on peut tenter de faire valoir l'argument d'Ernest Nagel qui propose d'éliminer le discours de type finaliste en remplaçant une proposition téléologique par une proposition dans laquelle apparaîtraient les conditions nécessaires et suffisantes. Ainsi, une proposition téléologique du type : *la fonction A dans un système S ayant une organisation C est de rendre S capable dans l'environnement E d'engager le processus P* pourrait se voir convertie, sans inconvénient et sans présence de finalité : « *Tout système S ayant une organisation C dans un environnement E engage un processus ; si S ayant une organisation C dans un environnement E n'a pas A, alors S n'engage pas le processus P ; donc, S ayant une organisation C doit avoir A.* » ⁶⁶⁶ Tout ceci serait parfait, si le terme d' « organisation » lui-même n'incluait pas la saisie d'une certaine finalité, ce qui en vient à entamer cette construction logique, voire à la rendre inopérante du fait qu'elle inclut dans l'emploi de la conception d'une « organisation » ce qui est précisément à démontrer. Comme le suggère F. Duchesneau, « sans doute pourrait-on songer à établir que les relations fonctionnelles interviennent dans la détermination

⁶⁶¹ J. Monod (1970) p. 145.

⁶⁶² J. Monod (1970) p. 143.

⁶⁶³ J. Monod (1970) p. 240.

⁶⁶⁴ Colloque de Royaumont, (1976) *L'unité de l'homme*, p. 76.

⁶⁶⁵ R. Spaemann, (2000) *La finalité en question*, p. 366.

⁶⁶⁶ E. Nagel, (1961) *The structure of Science*, pp. 403-405.

conceptuelle pour toute théorie visant à représenter l'ordre spécifique des phénomènes biologiques. »⁶⁶⁷ Cet auteur met l'accent sur le « fait que l'on puisse admettre que toutes les théories relatives à la combinatoire d'éléments organiques de divers niveaux - organismes, tissus, cellules, gènes, etc.- s'articulent selon la projection de raisons suffisantes formulables en termes de mécanismes d'intégration et de dispositifs fonctionnels. » C'est pourquoi, il propose que l'on reconnaisse que l'analyse fonctionnelle joue aussi un rôle régulateur dans la formulation des théories biologiques.⁶⁶⁸

Pour arbitrer l'ensemble de cette confrontation, on pourrait soutenir qu'il est possible de considérer la fonction comme un indice de la finalité, mais non comme une preuve directe.

L'analyse d'Edgar Morin nous apparaît, encore une fois, une piste riche de sens, pour alimenter un dernier aspect de ce débat, en faisant valoir l'intérêt d'une complémentarité problématiquement indissociable sujet /objet : « L'objet et le sujet, livrés chacun à eux-mêmes, dit-il, sont des concepts insuffisants. L'idée d'univers purement objectif est privée non seulement de sujet mais d'environnement, d'au-delà ; elle est d'une extrême pauvreté, close sur elle-même, ne reposant sur rien d'autre que le postulat d'objectivité, entourée par un vide insondable avec en son centre, là où il y a la pensée de cet univers, un autre vide insondable. Le concept de sujet, soit rabougri au niveau empirique, soit hypertrophié au niveau transcendantal, est à son tour dépourvu d'environnement et, anéantissant le monde, il s'enferme dans le solipsisme. »⁶⁶⁹

Ainsi, nous voyons par- là, les impasses où nous conduirait la négation de la subjectivité au profit de l'objectivité ou inversement, et également, plus largement, celle où nous conduirait la négation de toute finalité. Cependant, il est clair qu'il ne revient pas au scientifique ni de nier cette dernière ni de l'affirmer mais il lui revient de convenir que cette question ne fait pas partie de son champ d'investigation. C'est pourquoi, il serait, de toute façon, contestable de postuler de façon catégorique qu'il n'y a pas de projet ni de finalité dans la nature, au sens métaphysique, du fait même qu'ils sont exclus par la méthodologie scientifique.

Pour conclure cette discussion sur le postulat d'objectivité, il faut dire que Monod a tout à fait raison quand il affirme qu'il n'y a pas de projet de la nature, au sens où celle-ci n'est pas

⁶⁶⁷F. Duchesneau, dans *Le caractère incontournable du rhétorique dans les sciences*. « L'argumentation finaliste en biologie. » p. 193.

⁶⁶⁸F. Duchesneau, « Analyse fonctionnelle et causalité biologique », *Revue internationale de philosophie*, 34 (1980) pp. 229- 267. Voir également, « Analyse fonctionnelle et principes des conditions d'existence. » biologique », *Revue internationale de philosophie*, 31, pp. 285-312 ; Téléologie et détermination positive de l'ordre biologique, *Dialectica*, 32 (1978), pp. 135-153.

⁶⁶⁹ E. Morin, (2005) *Introduction à la pensée complexe*, p. 57.

agent de son propre déploiement. Les phénomènes sont agis mais ils ne sont pas effectués par des agents moléculaires doués d'intention dans les processus. Tout concept scientifique en termes de choix se trouve donc exclu par ce principe et il faut dire que si Monod y cède quelquefois, c'est par pur anthropomorphisme, lui aussi. Sur le plan métaphysique, on peut dire que la volonté qu'a Monod de chasser de la réalité du monde vivant et plus largement de l'univers toute interprétation mythologique ou animiste semble parfaitement conforme à un progrès dans la connaissance du réel. Sur le plan scientifique, cela va de soi.

Néanmoins, il ne faudrait pas que le choix métaphysique sur lequel repose ce postulat revienne à exclure toute autre forme d'investigation de la finalité au motif qu'elle est en dehors de la science. Ce serait là une forme de positivisme contestable.

Deux questions métaphysiques demeurent en effet, l'une concernant la cause formelle de tout organisme vivant, l'autre, sa cause finale : en ce qui concerne la première, la cause formelle, le fait de voir une subjectivité et un principe unifiant dans un organisme qui forme un tout semble échapper à la pure et simple objectivité ; en ce qui concerne la seconde, à savoir la cause finale, le fait de chercher à savoir « en vue de quoi » tout ce déploiement de l'organisation, y échappe également. Là où Monod risque d'extrapoler métaphysiquement, c'est chaque fois qu'il soutient, en partant du fait qu'il n'y a pas de projet **de** la nature sur le plan scientifique, qu'il n'y a pas non plus, métaphysiquement parlant, de projet dans, pour, ou à travers la nature. Il n'est pas interdit de penser que la structure, la cohérence, la fonction, décelable dans un être vivant pourrait, par analogie, évoquer un principe fondateur qui serait la cause finale de la totalité de l'étant et en direction duquel chaque vivant serait comme attiré, vers lequel il serait comme orienté : ce qui ferait qu'il résulterait, au sein même de son autonomie, un ordre qui le fonderait et qui lui resterait attaché.

4) Réductionnisme et holisme

Monod considère, à la fin du chapitre 4 sur « la cybernétique microscopique, » que l'ancienne dispute entre « réductionnistes » et « organicistes »⁶⁷⁰ est définitivement réglée au profit du réductionnisme et de sa méthode d'analyse.

En quel sens est-ce une ancienne dispute ? L'article de Françoise Longy portant sur le réductionnisme dans *le Grand dictionnaire de philosophie* fait un historique de ce terme apparu au début du XXe siècle, relatant les lieux d'apparition de cette notion et ses enjeux : Tout d'abord est présentée une définition nominale : « Tout programme ou doctrine prétendant

⁶⁷⁰ J. Monod, (1970), p. 105.

réduire un certain type de discours à un autre. Selon son ampleur, la réduction prônée peut porter sur des lois, des notions, des théories ou des disciplines. »⁶⁷¹ Puis l'auteur développe celle-ci en s'appuyant sur des exemples concrets: « Aussi bien dans l'histoire fine des disciplines, y est dit-il précisé, que dans celle générale des grandes orientations, on rencontre une multitude de programmes réductionnistes : réduire les lois de l'optique aux principes de la théorie électromagnétique, réduire les sciences de la nature à la mécanique (mécanisme) ou toutes les sciences à la physique (physicalisme), ou toute explication à une explication en terme de phénomènes matériels (matérialisme) ou idéels (idéisme). » L'auteur montre que ces pratiques vont bientôt être théorisées : « Mais, c'est seulement avec Carnap, poursuit-elle, que commence une analyse serrée des différentes sortes de réduction et de leurs conditions. Autour de 1960, deux modèles de réduction théorique, celui de Nagel et celui de Kemeny et Oppenheim, marquent une étape dans cette réflexion qui se poursuit encore aujourd'hui. »⁶⁷² L'auteur va distinguer dès lors les types de réductions possibles, selon qu'elles ont ou non des conséquences ontologiques : les premières se révélant plus problématiques, « Les projets de réduction suscitent fréquemment d'importants conflits à cause de leurs implications ontologiques. Les réductions sans conséquences ontologiques – celles qui se limitent aux lois ou aux théories sans toucher aux notions primitives qui déterminent les entités de base et leurs propriétés caractéristiques – sont admises sans problème. Elles satisfont l'idéal scientifique d'unification théorique sans soulever aucune difficulté. Réduire, c'est alors simplement déduire, c'est-à-dire intégrer dans une théorie plus générale ou encore subsumer sous une loi plus générale. Bien plus problématiques apparaissent les projets de réduction qui visent ou impliquent des réformes ontologiques : en général, une économie ontologique. Si certains ont pu faire l'unanimité en répondant à l'attente générale – comme la réduction des infinitésimaux au XIXe s., destinée à éliminer des entités improbables -, beaucoup suscitent ou ont suscité de fortes oppositions, comme ceux qui ont ou ont eu pour objet de réduire l'arithmétique à la logique (cf. logicisme), les organismes vivants à des machines (cf. mécanisme et vitalisme), les phénomènes mentaux aux phénomènes cérébraux ou les phénomènes sociaux aux comportements individuels. » Pour notre débat avec Monod, nous intéresse plus spécifiquement ici cette définition de la réduction des organismes vivants à des machines, ainsi que cette réduction du macroscopique au microscopique que les remarques suivantes de ce même article soulignent :

⁶⁷¹ Grand dictionnaire de philosophie (sous la dir. de M. Blay), (2003) p. 908.

⁶⁷² Grand dictionnaire de philosophie (sous la dir. de M. Blay), (2003) p. 908.

« Le microréductionnisme, c'est-à-dire l'idée d'expliquer les phénomènes macroscopiques (respectivement d'un certain ordre de grandeur) en termes de microstructures sous-jacentes (respectivement d'un complexe d'entité d'un ordre de grandeur inférieur), apparaît comme une tendance fondamentale de la science moderne : réduction de la thermodynamique à la mécanique statistique, succès de la biologie moléculaire, etc. »⁶⁷³

Cette conception rattache le réductionnisme à une conception déterministe discutable, comme le souligne la suite de l'article : « Mais le déterminisme que cette sorte de réductionnisme semble devoir impliquer (la détermination microphysique de l'ensemble des phénomènes si on le fait valoir sans restriction) soulève de nombreux problèmes. » L'auteur attribue la difficulté à définir le réductionnisme du fait de son rapport avec des questions complexes et controversées : « Qu'il soit difficile d'aboutir à une caractéristique précise du réductionnisme, spécifiant ces différentes formes et leurs principales conséquences, s'explique par le **fait que cela** présuppose le traitement de questions très complexes, comme celle de rapport avec le déterminisme. »⁶⁷⁴

En tout état de causes, le point commun de toutes ces analyses est que le réductionnisme désigne bien le fait de réduire le vivant à ses constituants élémentaires.

Après l'exposition du premier précepte concernant l'acceptation exclusive de choses vraies, en ce sens qu'elles doivent être évidentes, claires et distinctes, Descartes développe dans les second et troisième précepte en quoi consiste précisément cette méthode d'analyse :

« Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerai, en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre. »⁶⁷⁵

« Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusques à la connaissance des plus composés, et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres. »⁶⁷⁶

Cette méthode consiste donc tout d'abord à décomposer les composants pour chercher à comprendre le fonctionnement de ce qui est à étudier. Monod prend l'exemple d'un ingénieur qui doit, s'il veut comprendre le fonctionnement d'une calculatrice, mettre en évidence les composants électroniques de base. Monod effectue la justification de cette méthode à la lumière de la cybernétique, apparaissant dans son fonctionnement structurel, comme capable

⁶⁷³ Grand dictionnaire de philosophie (sous la dir. de M. Blay), (2003) p. 908.

⁶⁷⁴ Grand dictionnaire de philosophie (sous la dir. de M. Blay), (2003) p. 908.

⁶⁷⁵ R. Descartes, (1902) [1637] *Discours de la méthode*, A. T. VI, p. 18.

⁶⁷⁶ R. Descartes, (1902) [1637] *Discours de la méthode*, A. T. VI, pp. 18-19. Sur la méthode d'analyse, 2^e et 3^e préceptes.

de permettre de décomposer le vivant jusque dans ces processus moléculaires. « S'il est un domaine de la biologie moléculaire qui illustre plus que d'autres la stérilité des thèses organicistes par opposition à la puissance de la méthode analytique, c'est bien l'étude de cette cybernétique microscopique. »⁶⁷⁷ Les parties d'un tout sont arrangées selon une structure. La structure cybernétique apparaît comme un tout formé de phénomènes solidaires tels que chacun dépend des autres et ne peut être ce qu'il est que dans et par sa relation avec eux. Tout comme le met en évidence Lévi-Strauss, les structures d'un système sont les rapports qui rendent intelligibles l'organisation du système. En cela, la biologie moléculaire recherchant le fonctionnement téléonomique des êtres vivants dans la structure de certaines macro-molécules permet la réduction en éléments simples.

Le réductionnisme se présente donc comme une explication du vivant comme une machine intégrale, en tant que machine de machines. Ces machines apparaissent comme programmées non seulement au niveau de la fabrication des pièces que sont les protéines mais aussi au niveau de la régulation de cette fabrication avec l'existence des gènes régulateurs.

Le point de vue réductionniste va de pair avec une vue déterministe considérant que l'organisme obéit à des lois et que telle action enclenche de toute nécessité telle réaction.

Monod se réfère, en particulier, à *Beyond reductionism* de Koestler, pour le combattre.

Pour Monod, toutes les écoles de pensée « organicistes » sont plus ou moins influencées par Hegel, en ce qu'elles contestent l'approche analytique pour traiter des êtres vivants. Cette méthode analytique à laquelle Monod fait référence peut trouver son fondement dans le *Discours de la méthode* de Descartes. On peut définir l'holisme en matière de biologie comme une conception de l'être vivant le considérant comme un tout organisé, ne pouvant être compris dans toutes ces dimensions que sous cet aspect. Nous avons dans l'extrait qui suit une bonne définition de l'holisme : « Au moins depuis Aristote, et nous avons pu citer au passage Stahl, Hegel, Bergson, et maintenant les « antiréductionnistes », c'est toujours la même conviction qui se dégage : une pensée de l'organisation complexe est nécessaire, qui étudie la relation du tout avec le comportement des parties. Aux réductionnistes pour qui la seule « cause » de l'organisation ne peut être trouvée que dans la somme des parties, Aristote avec la cause formelle, Hegel avec le travail de l'esprit, Bergson avec l'acte simple, jaillissant, créateur d'organisation, opposent une prééminence du tout. (...) En biologie, l'opposition entre antiréductionnistes et réductionnistes a souvent pris les aspects d'une opposition entre les frères ennemis que constituent les tenants d'une finalité interne et ceux d'une finalité externe. À l'idée d'une intelligence organisatrice immanente se trouve alors opposé un

⁶⁷⁷ J. Monod, (1970) pp. 105-106.

modèle d'organisation emprunté à la technologie de l'époque (machines mécaniques, thermiques, cybernétiques), ce qui provoque derechef cette rétorsion : « qui » a monté la machine ? Cet automate serait-il régi par une finalité externe ? »⁶⁷⁸ L'holisme désigne nous le voyons, un courant qui se rattache à des sources anciennes. Il se trouve diversement qualifié chez Aristote, Hegel ou l'école actuelle de Pittsburgh autour de Brandom et McDowell. Cette conception biologique est inspirée de la théorie des systèmes datant du début du XX^e siècle ou encore de l'« organicisme » de Kurt Goldstein. La théorie holiste trouve également un adepte en Rupert Sheldrake, décrite dans l'ouvrage *A new Science of life*. On trouve encore un holisme systémique dans l'école de Francisco Varela, dans les travaux de Robert Rosen, qui pensent l'existence d'un centre fondateur, ce que l'on a pu qualifier de principe unifiant. Cependant, la définition de l'holisme donnée par I. Prigogine et I. Stengers, comme une théorie n'envisageant les parties que dans leur relation au tout, continue d'être une définition sous laquelle pourrait se reconnaître, dans une certaine mesure, tous les auteurs que nous venons de citer.

Or, la tentative d'articuler ce rapport entre réductionnisme et holisme n'est pas entièrement réglée au profit de l'acte réductionniste scientifique que Monod pensait suffisamment fondé pour pouvoir mettre un terme à ce débat, au profit du seul réductionnisme.

Discussion sur réductionnisme et holisme.

Ce débat sur le tout et la partie resurgit sous de multiples aspects constamment. C'est celui de l'un et du multiple appliqué au vivant, déjà aporétique dans le *Parménide* de Platon. À la lumière de la définition de ces deux courants effectuée plus haut, et après avoir montré la spécificité de chacun, nous allons nous interroger sur la fécondité, et les limites de leur approche respective, en commençant par évoquer tout d'abord les critiques émises contre le réductionnisme. Deux types principaux de penseurs s'opposent au réductionnisme. Il y a d'une part, les scientifiques dont la critique est effectuée selon quatre aspects par Michel Morange – qu'ils soient vitalistes comme Elsässer, ou encore matérialistes contemporains tel Kupiec ou qu'ils pensent le caractère irréductible de l'émergence évolutive, comme E. Mayr ou S.J. Gould. A ce niveau strictement scientifique, nous soulignerons le fait que les différences de la démarche réductionniste et holiste ne sont pas aussi tranchées dans la pratique du laboratoire et qu'elles sont bien souvent, au contraire, tout à fait complémentaires. Il y a d'autre part, les penseurs tant scientifiques que métaphysiciens qui, pour des raisons métaphysiques,

⁶⁷⁸ I. Prigogine et I. Stengers, *la Nouvelle Alliance*, pp. 170-171.

dénoncent les pratiques réductionnistes : cette critique a lieu souvent en raison d'un amalgame entre science et métaphysique ; pourtant, au niveau métaphysique la vision holiste ou holistique du vivant mérite d'être également interrogée. A l'issue de la présentation de ces différents points de vue, nous tenterons un arbitrage pour mettre chacun au niveau d'interprétation qui lui convient, avant de conclure sur la position de Monod, et ses implications, tant sur un plan méthodologique scientifique que métaphysique. La critique du réductionnisme de Monod peut porter sur la pratique scientifique selon les quatre aspects que nous allons présenter dès à présent.

Michel Morange dégage quatre formes différentes de réductionnisme, objets de critique : le réductionnisme moléculaire, qui ignorerait les autres niveaux d'organisation, tels que cellules et organes ; le réductionnisme génétique, qui aurait le tort de réduire le vivant à ses gènes ; le réductionnisme, qui s'opposerait à considérer la diversité des vivants ; enfin le réductionnisme biologique, qui voudrait réduire la biologie aux seules lois de la physique et de la chimie.⁶⁷⁹

En ce qui concerne la première critique portée contre le réductionnisme moléculaire, qui peut être portée à l'encontre de la méthode de Monod, Michel Morange fait valoir par exemple que « la découverte des gènes codant pour des composantes des voies de signalisation inter et intracellulaires a été décisive pour convaincre les biologistes moléculaires, ou du moins les plus réductionnistes d'entre eux, que le développement embryonnaire ne peut être décrit au seul niveau génique. Sa compréhension requiert la description et l'étude de l'organisation structurale hiérarchisée du vivant, en particulier du niveau cellulaire. »⁶⁸⁰ La seconde critique envers le réductionnisme génétique peut être portée également à l'égard de la conception de Monod : cette critique vient fait valoir qu' « on parle, maintenant, de composante génétique et non de déterminisme génétique »,⁶⁸¹ comme cela est souligné dans la préface de *ni Dieu ni gène*. La biologie contemporaine, en effet, ne peut plus affirmer qu' « à un ensemble de molécules ne peut correspondre qu'une seule structure macroscopique, c'est-à-dire, un seul phénotype. »⁶⁸² J.-J. Kupiec explique en ce sens que, bien qu' « il existe des corrélations entre les manifestations de phénomènes biologiques et certains fragments d'ADN », « l'erreur génétique consiste à faire de la corrélation avec les gènes le lien de causalité essentiel. »⁶⁸³ Cette observation est, de nos jours, largement confirmée. Le déterminisme génétique du génotype impliquant de manière déterministe le phénotype est en effet remis en cause par le

⁶⁷⁹ M. Morange, (2014), pp. 41-42.

⁶⁸⁰ M. Morange, (1998) p. 114.

⁶⁸¹ J.J. Kupiec et P. Sonigo (2000), p. 8.

⁶⁸² J.J. Kupiec et P. Sonigo (2000), p. 79.

⁶⁸³ J.-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 77.

facteur environnemental qui joue un rôle très important dans la constitution du vivant, comme le mettra plus amplement en lumière notre réflexion sur le primat du génétique, en seconde partie, facteur essentiel qui fait l'objet de nombreux de nos débats contemporains. La troisième critique pourrait se retourner aussi contre Monod pour qui l'étude des bactéries offre une base pour comprendre tout vivant, suivant ce qui est devenu quasi axiomatique chez Monod à travers le mot célèbre déjà cité : « tout ce qui est vrai pour *Escherichia coli* est vrai pour l'éléphant. » A l'encontre de cette critique, on peut faire valoir que ce réductionnisme a permis la thèse tout à fait novatrice qui consiste d'envisager un ancêtre commun à tous les vivants. La quatrième, contre le réductionnisme de la biologie à la physique et à la chimie est encore le lieu de discussions actuelles. Nous avons abordé ce problème dans le chapitre portant sur les lois de la physique et de la chimie appliquées au vivant. Ici, dans l'étude présente, nous faisons entendre les voix de ceux qui s'y sont principalement opposé.

Des penseurs vitalistes, tel Elsässer, -que nous retrouverons, en troisième partie de cette étude, lorsque nous ré-envisagerons la critique de Monod portée contre la pensée vitaliste scientifique pour montrer le bien-fondé du matérialisme scientifique, - refusent, de reconnaître une réductibilité des lois chimiques du vivant aux strictes lois de la physique et de la chimie. Elsässer, par exemple, dans *Atome et Organisme* s'interroge sur le bien-fondé de remonter à l'élémentaire pour comprendre le fonctionnement de l'être vivant et pense qu'une partie essentielle de la nature des êtres vivants échappe à la visée réductionniste : « Nous soutenons partout (...) que l'être vivant est un système d'une complexité extraordinaire, surpassant de beaucoup tout ce que l'on peut trouver dans la matière inorganisée. Est-il possible de le décomposer en termes d'unités constitutives simples ? Je sais bien qu'on s'est efforcé d'atteindre ce but aussi bien en biochimie que dans l'étude des automates supposés représentatifs des êtres vivants. L'auteur est du nombre de ceux qui pensent que de telles méthodes d'approche de l'étude de ce problème ne sauraient être que très partielles et qu'en procédant de la sorte quelque chose d'absolument essentiel dans la nature des êtres vivants nous échappe. ».⁶⁸⁴

Ernst Mayr, quant à lui, soutient le réductionnisme explicatif mais conteste, lui aussi, le réductionnisme théorique qui pense comme possible de réduire les lois du vivant aux lois de la physique et de la chimie. Voici les propos d'Ernst Mayr concernant l'acte de réduire et la position du réductionnisme : « Il est difficile de trouver un terme plus ambigu que le mot « réduire ». Quand on étudie la littérature réductionniste, on trouve que le terme de « réduction » a été employé dans au moins trois sens différents. Le réductionnisme constitutif.

⁶⁸⁴ W-M Elsässer, (1969) *Atome et Organisme*, Gauthiers-Villars, p. X.

Il affirme que la composition matérielle des organismes ne diffère en rien de ce que l'on trouve dans un monde inorganique. [...] Le réductionnisme explicatif. Ce type de réductionnisme affirme qu'on ne peut comprendre un tout avant que l'on ait décomposé en ses différentes parties, et celles-ci, à leur tour, en leurs composantes, et ainsi, de suite jusqu'au plus petit niveau d'intégration. Dans le domaine de la biologie, cela signifie réduire l'étude de tous les phénomènes à la molécule [...] Le réductionnisme théorique. Selon ce type de réductionnisme, il serait possible de montrer que les théories et des lois formulées dans un autre domaine de la science (généralement un domaine plus complexe ou plus élevé dans la hiérarchie) représentent des cas particuliers de théories et de lois formulées dans un autre domaine de la science [...] Pour prendre un exemple spécifique, on considère que la biologie serait réduite à la physique, si l'on arrivait à définir tous les termes de biologie en termes de physique, et si toutes les lois de la biologie pouvaient être déduites des lois de la physique.[...]Je n'ai pas connaissance qu'une théorie biologique particulière ait jamais été réduite à un système physico-chimique.[...]Les concepts essentiels de la génétique, tels que gène, génotype, mutation, diploïde, hétérozygote, ségrégation, recombinaison, etc., ne sont pas des concepts chimiques, et on serait bien en peine de les trouver dans un manuel de chimie. Le réductionnisme théorique est erroné parce qu'il confond processus et concepts. »⁶⁸⁵

Certains auteurs souhaitent dépasser l'ancien conflit entre réductionnistes et anti-réductionnistes en dégagant une nouvelle spécificité du phénomène vivant. Les avancées présentées par Prigogine et Stengers sont, en ce sens, significatives : « Nous pouvons conclure que les perspectives ouvertes par la découverte des structures dissipatives permettent d'envisager une conception de l'ordre biologique qui fasse droit à la spécificité du phénomène vivant en dépassant le très ancien conflit entre réductionnistes et antiréductionnistes. »⁶⁸⁶ Ces deux auteurs continuent en refusant la simple explication par mutations/sélection : « On connaît », poursuivent-ils, « la réponse de certains biologistes contemporains. Selon eux, l'organisation biologique ne peut avoir d'autre explication que la sélection et l'accumulation des rares mutations favorables. L'organisation, compatible avec les lois physiques, a la seule particularité d'être d'une improbabilité vertigineuse au regard de ces lois. Nous pensons quant à nous que le dualisme mutation-sélection dissimule notre ignorance profonde à propos du rapport entre le « texte » génétique que modifient les mutations et l'organisation vivante ».⁶⁸⁷

⁶⁸⁵ Ernst Mayr, (1989) pp. 69-71.

⁶⁸⁶ I. Prigogine et I. Stengers, *la Nouvelle Alliance*, pp. 170-171.

⁶⁸⁷ I. Prigogine et I. Stengers, *la Nouvelle Alliance*, pp. 170-171.

La nouveauté apportée par ces auteurs Prigogine et Stengers est que le vivant fonctionne loin de l'équilibre, et ne répond donc pas aux paramètres déterminés par la physique classique. De ce fait, leur critique porte également sur le fait que, chez Monod, la question de la vie se voit réduite aux exigences « des constituants au comportement simple. » Selon eux, la grande lucidité de Monod s'accompagne dès lors d'un aveuglement concernant ce qu'est la vie elle-même : « La grande lucidité de Monod permet de mettre au jour la remarquable stabilité de la situation conceptuelle créée par la science moderne. Selon son interprétation, la biologie contemporaine constitue l'expression ultime de la science classique : elle semble justifier le biologiste qui affirme que la décomposition de la complexité vivante en ses constituants au comportement simple suffit en principe, qui entend faire l'économie d'une théorie positive de l'organisation biologique et des transformations, et considère donc que ce que Stahl appelait « les lois communes de la matière », c'est-à-dire, les lois universelles qui décrivent les comportements simples, suffisent en principe à épuiser tout ce qu'il y a à comprendre dans le vivant. On n'interroge plus la vie aujourd'hui dans les laboratoires », écrivait Jacob. Et en effet, l'analyse des systèmes vivants semble dans ces conditions ne pouvoir laisser aucune place à un concept du vivant en tant que tel. »⁶⁸⁸ Cependant le dialogue pourrait avoir lieu et se nouer, en un sens, avec Monod, vu que, pour lui aussi, les processus qui dissipent l'énergie jouent aussi un rôle constructif et sont source d'ordre, comme le donne à penser le dernier paragraphe du ch. 3 sur « Les démons de Maxwell » dans *HN*. Mais il est certain que cette vue nouvelle de la vie qui échappe au scientifique devient une des limites du réductionnisme. André Lwoff, de son côté, cite dans *L'Ordre biologique* une pensée d'André Mayer très proche, d'une conception, holiste ou émergentiste, en énonçant dans son cours au Collège de France : « Ce n'est pas la connaissance de la matière qui éclaire celle de la vie, c'est la connaissance des êtres vivants qui éclaire celle de la matière. »⁶⁸⁹ André Lwoff souligne la différence entre une matière organique et la matière inerte. « Les êtres vivants "imposent" aux atomes un certain ordre. Un système inorganique, et encore plus un système organisé, est autre chose que la " matière " si l'on entend par matière ce qui est le support des propriétés communes à toutes les choses. ». S'appuyant sur cette différence, il déclare impossible la prédictibilité des êtres vivants à partir des éléments simples de la matière. « Il est donc clair, que dès l'abord, en déduit-il, nous ne savons prévoir les propriétés des êtres vivants, à partir des éléments " simples". C'est qu'en effet, quel que soit le système moléculaire, ou agrégat de cellules, dès qu'il est constitué, les propriétés des éléments simples n'y apparaissent plus telles quelles. »⁶⁹⁰

⁶⁸⁸ I. Prigogine et I. Stengers, (1979), p. 263.

⁶⁸⁹ Cours d'André Mayer au Collège de France, p. 134.

⁶⁹⁰ A. Lwoff, (1970) *L'ordre biologique*, p. 136. Bibl. Marabout Université.

De fait, il est possible de déduire les éléments simples du tout constitué mais l'inverse n'est pas vrai. On ne sait pas, jusqu'au jour d'aujourd'hui, à partir des éléments simples recomposer un être vivant. Il est vrai que cet argument de Lwoff se voit opposé qu'en cela, il définit ici tout simplement le phénomène émergent. Nous étudierons la nature de ce concept d'émergence, comme notion philosophique, dans la seconde partie de notre étude.

Disons simplement que sur un plan strictement scientifique, l'émergence évolutive ou diachronique est devenue récemment un concept majeur ; la paternité en revient principalement à S. J. Gould qui souligne cette réalité de l'émergence de phénomènes nouveaux :

« Le retour de l'émergence, fait remarquer, en ce sens, M. Morange, est le résultat de la remise en cause des « dogmes » de la synthèse évolutive moderne qui s'est mise en place dans les années 1940. En négligeant le problème de la nature des variations offertes à l'action de la sélection naturelle, et en faisant de cette dernière l'unique moteur de l'évolution, la synthèse moderne laissait à l'émergence diachronique une part congrue. Le paléontologue Stephen Jay Gould a été un des principaux acteurs de cette transformation de la théorie évolutive : l'évolution n'obéit pas à un rythme régulier, et elle est en grande partie le résultat de contraintes historiques et d'événements contingents. Gould nie avec acharnement l'idée d'un progrès évolutif, mais il est convaincu que des phénomènes nouveaux émergent au cours de processus évolutifs. »⁶⁹¹ La découverte des gènes de développement, en particulier, vient éclairer de façon entièrement nouvelle la nature du processus évolutif.

Des thèses holistiques ou émergentistes s'opposent donc au réductionnisme en cherchant à montrer que les propriétés d'une totalité ne peuvent pas toujours être déduites des propriétés des éléments composants et de leurs relations. Cette vision holistique est nommée ici « organiciste » par Monod, en tant qu'elle s'applique à une vision de l'organisme considéré comme un tout. Selon la définition qu'en donne M. Morange, « l'organicisme est la conviction que l'organisme est un tout dans lequel chaque partie, chaque organe, a sa place et joue son rôle en fonction des autres parties. »⁶⁹² « L'organicisme, fait-il encore remarquer, est présent dans la pensée des naturalistes qui ont étudié les organismes vivants depuis l'Antiquité, mais c'est le philosophe allemand Emmanuel Kant qui en donna, en 1790, la première formulation claire dans la *Critique de la faculté de juger*. »⁶⁹³ En effet, Kant énonce que « dans un produit de la nature, toute partie, tout de même qu'elle n'existe que par toutes les autres, est aussi

⁶⁹¹ Article de Michel Morange, (2014), p. 46.

⁶⁹² Michel Morange, (2013) « Un retour du vitalisme ? » *Revue du comité pour l'histoire du CNRS*, tome II, n°2, en ligne.

⁶⁹³ M. Morange, (2013) « Un retour du vitalisme ? » *Revue du comité pour l'histoire du CNRS*, tome II, n°2, en ligne.

conçu comme existant pour les autres parties et pour le tout, c'est-à-dire, en tant qu'instrument (organe). »⁶⁹⁴ Autrement dit, « un produit organisé de la nature est celui en lequel tout est fin et réciproquement aussi moyen. »⁶⁹⁵ Cette conception holistique peut, quant à elle, être à considérer sur un plan scientifique pur et sur un plan métaphysique.

Sur un plan scientifique, la pratique même du chercheur indique des allers-retours entre pratique strictement réductionniste et une pratique holiste. Michel Morange fait remarquer que « cette soi-disant opposition ne reflète pas le travail qui se fait dans les laboratoires de biologie, et qui est souvent un mélange inextricable d'approches réductionnistes et d'approches holistes. »⁶⁹⁶ M. Morange prend, « pour expliquer cette coexistence, l'exemple d'un biologiste travaillant sur les mécanismes moléculaires qui produisent le rythme circadien (jour/nuit) dans les cellules et les organismes, (qui) peut soit caractériser les composants élémentaires à l'origine du rythme, soit s'intéresser aux interactions entre ces composants qui produisent le phénomène rythmique. »⁶⁹⁷

Ce thème de réflexion opposant réductionnisme à holisme va être aussi en débat avec la métaphysique. Tantôt ce seront les scientifiques qui feront valoir des positions métaphysiques, tantôt ce seront les métaphysiciens qui feront valoir des arguments aux scientifiques. Le risque dans ces deux cas est de ne pas poser les concepts au niveau de réalité et d'analyse qui convient.

Dans *ni Dieu ni gène*, J. J. Kupiec pense en métaphysicien : il soutient que « le paradigme réductionniste de la biologie moléculaire » est un paradigme matérialiste reposant selon lui, sur des concepts « idéalistes ». Il rappelle tout d'abord en quoi consiste le réductionnisme de Monod ; il consiste en « l'intégration de toutes les interactions des organismes en allant du gène jusqu'à l'organisme entier. »⁶⁹⁸ Chaque niveau est défini par l'intégration des interactions spécifiques du niveau inférieur. Monod s'inspire en cela de F. Jacob qui, de son côté, parlera d'intégrons à tous les niveaux : au niveau des molécules, des cellules, des tissus, des organes, des organismes. Ce qui fait dire à Monod qu' « à chacune de ces étapes des structures d'ordre supérieur et des fonctions nouvelles apparaissent qui, résultant des interactions spontanées entre produits de l'étape précédente, révèlent, comme dans un feu d'artifice à plusieurs étages, les potentialités latentes des niveaux antérieurs. »⁶⁹⁹ Kupiec tente de démontrer que ce retour de l'invariant, recherché à tous les niveaux, à tous les stades du développement, par Monod, n'est autre qu'un retour aux essences d'Aristote et une

⁶⁹⁴ E. Kant, [1790], (1968), §65, p. 193.

⁶⁹⁵ E. Kant, [1790], (1968), §66, p. 195.

⁶⁹⁶ Article de M. Morange, (2014), « Réduction et émergence en biologie » p. 47.

⁶⁹⁷ Article de M. Morange, (2014), p. 47.

⁶⁹⁸ J-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 71.

⁶⁹⁹ J. Monod, (1970) p. 72.

classification selon l'arbre de Porphyre.⁷⁰⁰ C'est en ce sens que J. J. Kupiec soutient dès lors que le réductionnisme est une forme de matérialisme, fonctionnant avec des concepts idéalistes. "Matérialisme" car reposant sur des données moléculaires, mais à l'aide de "concepts idéalistes", réintroduisant de manière subreptice la différence spécifique aristotélicienne avec la notion de stéréospécificité ainsi que la distinction essence/existence avec le couple génotype/phénotype. Pour ce qui est de la stéréospécificité, nous avons déjà rencontré cette critique de J. J. Kupiec. Rappelons qu'il fait valoir, à la place, le fait qu'on a découvert « des molécules qui interviennent dans les phénomènes d'ontogenèse, mais (que) ces molécules ne possèdent pas ce caractère d'exclusivité dans l'interaction avec d'autres molécules qui est au centre des théories réductionnistes. »⁷⁰¹

Une des solutions, à ce débat opposant réductionnisme/holiste consisterait à mettre en avant le rôle du « tout » des instructions de l'ADN, comme à la fois antérieur au développement des parties tout autant que « totalement » présent dans chacune des parties. En ce sens, la solution d'Edgar Morin énonçant un principe hologrammatique nous paraît intéressante⁷⁰² :

« Dans un hologramme physique, le moindre point de l'image de l'hologramme contient la quasi-totalité de l'information de l'objet représenté. Non seulement la partie est dans le tout, mais le tout est dans la partie. Le principe hologrammatique est présent dans le monde biologique et dans le monde sociologique. Dans le monde biologique, chaque cellule de notre organisme contient la totalité de l'information génétique de cet organisme. L'idée donc de l'hologramme dépasse, et le réductionnisme qui ne voit que les parties et l'holisme qui ne voit que le tout. » Et E. Morin de conclure : « C'est un peu l'idée formulée par Pascal où se trouve l'idée suivante : « Je ne veux pas concevoir le tout sans concevoir les parties et je ne peux concevoir les parties sans concevoir le tout. » Edgar Morin regrette l'immobilité d'une « esprit linéaire » face à la souplesse de celui qui tente de se montrer réceptif à la complexité : « Cette idée apparemment paradoxale immobilise l'esprit linéaire. »⁷⁰³

La pensée de Pascal citée de mémoire par E. Morin fait référence au fragment 99 des *Pensées* intitulé « Disproportion de l'homme », plus connu sous la mention : « Les deux infinis », où Pascal dit exactement : « toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties. »⁷⁰⁴ Cette pensée,

⁷⁰⁰ J.-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 76.

⁷⁰¹ J.-J. Kupiec et P. Sonigo, (2000) p. 80.

⁷⁰² E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, (2005) Seuil, p. 100.

⁷⁰³ E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, (2005) Seuil, p. 100.

⁷⁰⁴ Pascal, [1670] (1963), p. 527.

nous le voyons, peut s'appliquer au contexte plus large, rattachant les parties à l'univers tout entier, et donc à l'infiniment grand, mais en raison du contexte même, cette vue peut aussi bien s'appliquer à l'infiniment petit, ou pourrait s'appliquer, effectivement, à l'organisme vu comme un tout doté d'un ensemble de parties.

A ce propos, - et cela pourrait être une sorte de prolongement de la pensée de Pascal-, Bergson présente dans *l'Evolution créatrice* une vue reprenant une intuition similaire : « L'unique question est de savoir, dit-il, si les systèmes naturels que nous appelons des êtres vivants doivent être assimilés aux systèmes artificiels que la science découpe dans la matière brute, ou s'ils ne devraient pas plutôt être comparés à ce système naturel qu'est le tout de l'univers. »⁷⁰⁵ Le point de vue holistique, quant à lui, peut se décliner dans le vitalisme rattaché à une forme d'émergentisme, par exemple, en supposant l'existence d'une force vitale qui échapperait aux lois de la physique et de la chimie.

Cette conception se conjuguerait avec la vision du vivant et de l'homme en particulier, en tant qu'il récapitule toutes les étapes antérieures du vivant, comme microcosme au sein du macrocosme, qui se penserait sous deux aspects : l'aspect scientifique, en raison de la mise en évidence que le vivant est bien "poussière d'étoiles", selon l'expression de Reeves, reprises par tant d'autres : tout vivant se trouve ainsi relié à l'ensemble de l'univers ; et l'aspect métaphysique, en raison d'un principe d'unité qui fait du vivant une totalité consistante : toute la question étant de savoir si la cybernétique et ses assemblages structurels sont auto-suffisants pour rendre compte de ce principe ou bien si ce principe la transcende. En particulier, à propos de l'homme, ne peut-on pas examiner le fait que la pensée puisse être irréductible, au sens où le mental déborderait le cérébral ? Question envisagée dans la partie ultérieure de notre recherche, lorsqu'en troisième partie, nous envisagerons si l'être humain relève d'un déterminisme total ou non. Le risque ici consisterait à faire un amalgame entre une position scientifique qui n'étudie que les déterminismes et une position métaphysique, qui, par un questionnement sur la valeur du bien lié à la liberté et du respect de la dignité d'autrui, amorce une visée d'ordre métaphysique.

La vision holiste, en effet, relève de la métaphysique lorsqu'elle envisage le vivant comme un tout relevant d'un principe, ou d'une forme, comme chez Aristote ou d'une « idée directrice », comme chez Claude Bernard ou encore d'un « élan vital », comme chez Bergson. Cependant la conception métaphysique holiste peut tout aussi bien être relever d'une métaphysique matérialiste que spiritualiste. Pour un matérialiste comme Diderot, seul le tout serait

⁷⁰⁵ Bergson, (1981), p. 30.

indivisible, c'est-à-dire irréductible aux parties qui le constituent. Chaque partie est si liée, si intégrée aux autres, qu'il est impossible de la considérer comme une pièce détachée.

Pour une conception spiritualiste, la vision holistique du vivant tient au fait qu'un être vivant n'est pas seulement caractérisé par ses fonctions, ni même sa structure, mais qu'existe un principe unifiant qui fait que le vivant est vivant, et que ce principe relève lui-même d'une cause intelligente qui lui donne « la vie, le mouvement et l'être. »⁷⁰⁶ Or, cette vision holistique ne peut être soutenue sur un plan scientifique : il s'agit d'une conception proprement métaphysique. Elle est clairement explicitée en tant que telle, dans la conception métaphysique aristotélicienne qui pose une « cause d'unité ». « Il y a cause d'unité, dit Aristote, dans *La Métaphysique* pour tout ce qui a pluralité de parties et dont la totalité n'est pas une simple juxtaposition, mais dont le tout est autre chose que l'assemblage des parties. »⁷⁰⁷ A la lumière des sciences contemporaines, Dominique Lambert propose que la notion de forme présente chez Aristote qui était le principe unifiant du vivant lui permettant sa réalisation, à titre d' *έντελεχεία*, c'est à dire de forme achevée, soit repensée à partir de la notion de « plasticité » qui pose un coefficient d'inachèvement.⁷⁰⁸ Ainsi, une utilisation possible de la "forme" aristotélicienne pourrait être envisagée à partir de cette notion d'émergence, sous l'angle selon lequel "le tout est plus grand que la somme des parties." Ces deux auteurs présentent trois « modèles herméneutiques » principaux permettant de caractériser la vie. « Le premier, disent-ils, situe le sens profond de la vie au seul niveau des propriétés du "support" physico-chimiques. »⁷⁰⁹ « C'est le modèle, continuent ces auteurs, adopté par toutes les formes de réductionnisme ou d'émergentisme, aussi bien présocratiques que contemporaines. Ce premier modèle met l'accent sur une « matière » et entend trouver le sens du phénomène biologique dans ce qui lui sert de "matériau". »⁷¹⁰ Les auteurs présentent ensuite le modèle vitaliste en ce qu'il pense toujours une forme indépendante de la matière : « le second modèle est celui qui décrit le sens du vivant à partir d'un principe s'imposant, comme de l'extérieur, au matériau-physico-chimique. L'idée est ici qu'une « forme » organise, oriente ou polarise un matériau, dont elle est radicalement indépendante, pour lui donner ses caractéristiques spécifiquement vivantes. » Le troisième modèle présente la « forme » comme principe d'animation mais celle-ci est le plus souvent pensée sous une forme fixiste : les auteurs se réfèrent à Aristote et Jonas. La proposition d'un quatrième modèle, celui de la plasticité présente l'avantage d'allier « déformabilité et cohérence, vulnérabilité et robustesse.

⁷⁰⁶ Bible de Jérusalem, (1975) Actes des apôtres, Discours de Paul devant l'Aréopage des athéniens, 17, 28, p. 1622.

⁷⁰⁷ Aristote, (1991) *Métaphysique*, 1045a-10, H,6, p. 18.

⁷⁰⁸ D. Lambert, et R. Rezöhazy, (2004), p. 323.

⁷⁰⁹ D. Lambert, et R. Rezöhazy, (2004), p. 323.

⁷¹⁰ D. Lambert, et R. Rezöhazy, (2004), p. 323.

» Ce modèle permettrait de tenir l'équilibre entre possibilité de prendre distance par rapport à soi, tout en préservant son unité. Nous citons ici une partie du riche paragraphe contenant cette analyse : « Il s'agit ici de saisir ce qui est propre à la vie en se basant sur la reconnaissance d'une double "liberté" : d'une part, liberté relative de la forme par rapport à la matière qui l'actualise et d'autre part, liberté relative de cette forme par rapport à elle-même. »⁷¹¹ La dimension du vivant favorisant son propre métabolisme mise en relief par Jonas, dans *Evolution et Liberté*, se doublerait d'une subjectivité interne capable de faire que l'être vivant contribuerait à la mise en acte de sa forme, subjectivité réalisée chez l'homme, à la différence des animaux qui ne se départissent pas de leurs déterminations. Comme le suggèrent ces auteurs, ce modèle permettrait également d'ouvrir à une plus profonde compréhension de la nature humaine, et permettrait une nouvelle approche anthropologique. Aspect que nous éluciderons en troisième partie.

Ce principe ontologique qui constitue cette unité échappe à la biologie. Cela ne veut pas dire qu'on ne peut pas le poser.⁷¹²

Nous pouvons, pour arbitrer toutes ces propositions, faire valoir la nécessité d'appliquer la méthode réductionniste, sur un plan strictement scientifique, tout en respectant tous les niveaux d'intégration du vivant. D'autre part, une nouvelle conception du vivant recherche les différentes causes des phénomènes émergents, tant dans le fait que le vivant est être loin de l'équilibre, que dans le fait de la réalité de l'émergence évolutive dans le temps. En revanche, en ce qui concerne le vitalisme, celui-ci est devenu scientifiquement indéfendable car tout le vivant peut s'expliquer théoriquement et, de plus en plus, pratiquement par les causes matérielles physico-chimiques. En ce qui concerne la critique portée par Kupiec contre le réductionnisme de Monod, son exposé très novateur scientifiquement parlant, comporte un aspect plus discutable sur un point métaphysique, concernant sa conception de l'existence, comme nous l'avons fait remarquer. Plus que d'opposer les démarches réductionnistes et holistes, au plan de la pratique strictement scientifique, il est intéressant de souligner leur complémentarité. En ce qui concerne les métaphysiciens, le tort de certains d'entre eux, comme Bergson, seraient de s'en prendre au réductionnisme scientifique, car ce dernier a toute sa raison d'être en tant que méthodologie scientifique: il a donné beaucoup de résultats très positifs en permettant de faire considérablement avancer les recherches en biologie, comme en a témoigné toute la présentation des résultats scientifiques qu'elle a permis d'obtenir dont certains ont été mis en évidence dans notre première partie. En revanche, je pense possible de

⁷¹¹ D. Lambert, et R. Rezöhazi, (2004), p. 324.

⁷¹² Laura Bossi, *Histoire naturelle de l'âme*, Paris, PUF, 2003.

tenir à un holisme métaphysique, concernant, non pas tel ou tel aspect d'un problème scientifique particulier, mais le vivant en tant que totalité organisée ; tel celui dont se réclame Aristote, qui, sans employer ce terme de holisme, voit au sein du vivant une cause d'unité ; ce qui est repris et renouvelé par saint Thomas qui non seulement voit une cause d'unité, comme le voyait déjà Aristote, mais également une cause de consistance ontologique réelle en l'existence, pensée comme un don reçu du Créateur, sans que cela ne fasse d'ombre à la science.

Ainsi, la solution plus large à ce débat réductionnisme/holisme consiste à mettre chaque point de vue à son niveau de réalité. Le point de vue réductionniste est en effet méthodologiquement scientifique. Le point de vue holiste, faisant appel à une cause d'unité, - et, surtout peut-être, à une cause d'existence et, comme le signifient D. Lambert et R. Rezsöhy, de liberté - autre que les relations d'interactions au sein de la structure du vivant - est, quant à lui, métaphysique.

Pour conclure, il faut reconnaître que la méthode d'analyse cartésienne tirée du *Discours de la méthode* reste méthodologiquement féconde ; c'est celle, en tout cas, dont les principes fondent l'ensemble des sciences, et tout particulièrement la biologie. Ainsi, le réductionnisme scientifique, qui se pratique selon le principe de l'analyse du tout complexe en éléments simples répond à la méthodologie scientifique. Cependant, le passage inverse du simple au tout complexe ne s'effectue pas aussi facilement : on n'est pas encore parvenu à « fabriquer » du vivant. Comme l'indique M. Morange, « la biologie synthétique dont l'objectif à long terme est de fabriquer un organisme vivant artificiel « peut être considéré comme l'aboutissement du projet réductionniste de la biologie moléculaire. »⁷¹³ Et M. Morange d'ajouter : « L'échec éventuel de ces projets, ou du moins les difficultés rencontrées, seront aussi le moyen de mettre éventuellement le doigt sur le non-réductible, sur ce qui émerge du fonctionnement intégré des composants élémentaires, et qui n'avait pas été jusqu'alors mis en évidence. »⁷¹⁴ De plus, quand bien même on y parviendrait, on l'aurait, certes, restitué mais le scientifique aurait utilisé une matière préexistante. Métaphysiquement, la source de cette matière resterait à être interrogée.

D'autre part, à statuer sur un vivant en morceau, on le supprime. Donc, la vision holistique garde bien toute sa valeur, pour un point de vue métaphysique, qui garde tout son champ

⁷¹³ M. Morange, (2014), « Réduction et émergence en biologie » p. 45.

⁷¹⁴ M. Morange, (2014), « Réduction et émergence en biologie » p. 45.

d'action et de recherche en direction d'un principe de forme ou de force unifiante régissant l'organisme.

Disons donc que si Monod veut signifier que le réductionnisme est le propre de la méthode scientifique et constitue, en cela, la démarche même du matérialisme scientifique, cette affirmation est incontestable. S'il voulait par-là récuser toute valeur à une compréhension holistique du vivant, au profit du seul réductionnisme, il outrepasserait en cela les limites et les exigences fixées par sa méthodologie scientifique. Il ne semble pourtant pas que Monod entende la récuser tout à fait en ce qu'il affirme que le vivant obéit, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à un principe interne de mouvement. Ce principe serait à considérer sur un plan métaphysique, en tant que principe de cohésion et d'intégration en vue de la croissance et de l'autonomie. L'holisme qui est une façon de considérer l'être vivant comme un tout organisé porté par son dynamisme interne peut se fonder sur le principe métaphysique d'une forme substantielle, forme en état d'achèvement par la reprise d'une liberté de la forme qui tend à s'affranchir d'elle-même, à se vulnérabiliser et à briser le cercle étroit de l'identité à soi. Cette « liberté à la seconde puissance » dont parlent les auteurs D. Lambert et R. Rezsöhazi souligne « au fond l'essentiel inachèvement, la radicale sous-détermination du principe formel de la vie. » Ce qui fait dire à ces auteurs que ce principe formel, « tout en qui préservant sa cohérence, peut "décoller de soi", s'ouvrant ainsi à la possibilité d'une "information" par une altérité et à l'inscription possible d'une histoire toujours singulière. »⁷¹⁵ La conception holiste ou holistique, nous le voyons, n'est pas du ressort de la science, en tant que recherche fondamentale, mais relève plutôt d'une herméneutique de la nature, dans le contexte d'une philosophie de la nature qui cherche un sens global aux données de la science.⁷¹⁶ La conception holistique du vivant est cependant très intéressante pour la compréhension des comportements des animaux, puis de l'agir humain : en médecine en tant que science appliquée, par exemple, cette prise en charge du côté holistique du patient, relève autant d'un "art" que d'une science, car elle permet d'envisager le sens des attitudes et réactions humaines, en lien avec la pensée et l'âme non seulement substantielle mais aussi subsistante, pour utiliser ici la richesse de cette distinction thomiste, qui peut grandement influencer sur la matière ; ce qui constituera l'un des objets d'étude lors de notre troisième partie lorsque nous traiterons, en particulier, de la notion de nature humaine en lien avec la question éthique.

⁷¹⁵ D. Lambert, et R. Rezsöhazi, (2004), p. 324.

⁷¹⁶ D. Lambert, et R. Rezsöhazi, (2004), pp. 367-369.

Deuxième partie : L'interprétation philosophique par Monod de ses propres découvertes.

Il faut tout d'abord rappeler qu'aux yeux de Monod, comme pour Popper, les vraies questions philosophiques ne sauraient être posées par, ou dans la philosophie elle-même.⁷¹⁷ Monod nous invite donc à beaucoup de prudence si l'on tente de comprendre l'interprétation philosophique qu'il donne à partir de ses propres découvertes scientifiques.

Dans les grandes lignes, si l'on veut situer Monod philosophiquement, sans rentrer encore dans les détails, Monod se réclame du courant cartésien et non hégélien. La contestation des lois de Hegel revient régulièrement dans ses propos, surtout dans son cours délivré au Collège de France.⁷¹⁸ On trouve encore trace de cette critique dans *HN*, tant à propos de la logique des systèmes de régulation qui n'obéit pas à la dialectique de Hegel,⁷¹⁹ qu'au sujet du système ADN/protéine qui est « foncièrement cartésien et non hégélien : la cellule est bien une *machine*. »⁷²⁰ D'après Kupiec, sa philosophie serait une philosophie encore aristotélicienne fondée sur le concept de spécificité. Or, Aristote a tenté de réfuter la philosophie atomiste sur un plan métaphysique : il suffit de nous référer à *Physique II*, 4, 198 a.⁷²¹ Par ailleurs, la philosophie de Monod ne se soumet au cadre unique voyant dans le vivant uniquement un être en puissance ou en acte, acte déployant l'ensemble des potentialités qui lui ont été transmises par un être en acte antérieur. Cette vision, en partie aristotélicienne, présentait l'inconvénient de risquer de conduire à une forme de déterminisme. C'est pourquoi, nous allons voir en quoi la référence aux atomistes est d'une importance majeure, pour la nouvelle philosophie naturelle de Monod. Nous allons tout d'abord étudier l'emploi de la notion de hasard dans le corpus des textes de *HN*, puis recenser l'usage du concept de nécessité et les éclairages que donne Monod sur la mise en place de relations nécessaires au sein du vivant au niveau de relations moléculaires qui ont pu être établies. Nous nous devons ensuite d'essayer, après avoir soumis ces concepts à l'analyse, de penser, de façon synthétique, l'articulation hasard /nécessité selon la conception que nous en donne Monod. A l'issue, nous traiterons des enjeux qui font que la priorité accordée par Monod à l'invariance sur la téléonomie lui donne l'occasion de critiquer les tenants du schéma inverse. Puis nous passerons à l'étude du vivant

⁷¹⁷ K. Popper, (1973), p. 2.

⁷¹⁸ J. Monod, (1969-1970), 3^e leçon, p. 20 et 4^e leçon, p. 14.

⁷¹⁹ J. Monod, (1970), p. 102.

⁷²⁰ J. Monod, (1970), p. 145.

⁷²¹ Aristote, (1973), p. 74.

comme système vivant, où nous verrons que pour Monod, il est impossible de s'en tenir à une analyse totalement linéaire de la cause vers l'effet, car il s'avère, dans un système isolable, que l'effet peut agir corrélativement et rétroactivement sur la cause, et que tout élément moléculaire se trouve asservi à tout autre et à tous les autres, en réaction non pas en chaîne, mais suivant des boucles de rétroaction. Dans ce système, que Monod qualifie de « cybernétique », peuvent venir, s'inscrire de façon très significative, toutes les grandes découvertes en biologie moléculaire. Nous présenterons, à la suite de ce concept de cybernétique, ce qui, pour Monod, apparaît assez intangible, à savoir le primat du génétique. Cette conviction du primat du génétique comme une vue découlant, d'une certaine manière, des trois concepts de hasard, de nécessité, de cybernétique, va se présenter, chez Monod, à tort ou à raison, comme un dogme quasi intouchable. Cependant, nous verrons que Monod ne s'arrête peut-être pas à cette étape en ouvrant, avec le concept d'émergence, une perspective qui sera à l'origine d'une nouvelle recherche dans les années ultérieures : l'utilisation par Monod de ce concept d'émergence a ceci d'original que notre auteur prend la décision de lui conférer deux sens très différents, selon qu'il s'agit de l'émergence embryonnaire ou de l'émergence évolutive. Ce concept d'émergence sera le cinquième et dernier concept que nous mettrons en valeur, dans cette étude, car, nous semble-t-il, tous les autres peuvent être, d'une certaine manière, subsumés sous une des cinq grandes notions développées ici. A l'issue de chacune des présentations de ces différents concepts permettant à Monod d'opérer une interprétation philosophique de ses propres thèses, nous nous interrogerons pour savoir si, au-delà d'un matérialisme scientifique, les thèses de Monod donnent à opter franchement ou non pour un matérialisme métaphysique. Nous tenterons de montrer que l'interprétation de ces résultats, selon les directions et les orientations vers lesquelles on met l'accent, peuvent effectivement donner lieu soit à un matérialisme métaphysique soit au contraire ouvrir le champ à une lecture théiste possible.

I. Deux principes explicatifs du vivant : le hasard et la nécessité.

Dès la *leçon inaugurale* au Collège de France du 3 novembre 1967, ces « principes explicatifs » se trouvent énoncés dans la citation que Monod attribue à Démocrite : « Tout ce qui existe dans l'univers est le fruit du hasard et de la nécessité », citation reprise en exergue de *HN*. Du point de vue exégétique, il serait possible que cette citation ne vienne pas de Démocrite lui-même qui ne parlerait, quant à lui, à la suite de son maître Leucippe que de

nécessité. Henri Buc signale que l'on n'en trouve pas trace dans la recension des maximes de Démocrite données dans *Ancilla to the pre-socratic philosophers* de Kathleen Freeman, à l'article portant sur *Democritus of Abdera*.⁷²² Les textes qui s'en rapprochent le plus seraient les maximes 119 et 176. Monod citerait peut-être, de mémoire, le fragment 80 d'Héraclite rapporté par Origène d'Alexandrie.⁷²³

Pour Antoine Danchin non plus, cette affirmation n'existe pas chez Démocrite. Ce qui s'en rapprocherait le plus serait une phrase de Leucippe qui énonce : « rien dans la nature ne vient par soi-même, mais tout est le fruit d'une loi et de la nécessité. » Ceci est la traduction du grec : «Ουδεν χρήμά μάτην γίνεταί άλλα παντα εκ λογού τέ και ὕπ ανάγκης », que nous pouvons traduire littéralement par : « aucune chose ne provient sans cause mais tout est l'objet d'une loi et sous la nécessité. »⁷²⁴ En voici les propos : « Pour chacun d'entre nous, dit ce dernier, puisque la biologie moléculaire a été en grande partie créée par la personnalité de Jacques Monod, le hasard intervient de façon presque évidente *via* le titre de son livre, *Le Hasard et la Nécessité*. Mais on peut s'interroger sur la validité des termes de Monod lui-même, en particulier du choix du terme « hasard ». Il est assez remarquable que l'épigraphe qu'il a mise à son livre, « Toutes choses dans la nature sont le fruit du hasard et de la nécessité », et qu'il attribue à Démocrite n'existe pas dans Démocrite. En fait, le hasard n'est pas du tout une notion grecque. Les Grecs avaient peut-être une notion de contingence, d'interactions de séries causales indépendantes créant une nouvelle série causale, mais pas de notion de hasard. D'ailleurs, le hasard intrinsèque, à mon sens, ne pourrait pas réellement être une notion scientifique. En réalité, ce que l'on trouve chez les grecs présocratiques, à côté de Démocrite, c'est une phrase de Leucippe qui dit : « Rien dans la nature ne vient par soi-même, mais tout est le fruit d'une loi et de la nécessité. » Une loi, ce n'est pas du tout le hasard. Ce qui, selon moi, est très important dans tout ce qui concerne la biologie moléculaire actuelle, c'est la découverte de modèles de lois biologiques. »⁷²⁵

Selon d'autres sources qui restent à établir fermement, il serait tout à fait possible que cette pensée soit bien attribuable à Démocrite. De toute façon, il reste tout à fait vraisemblable que Démocrite eût pu souscrire à cet aphorisme, sans hésitation.

En effet, si l'on se met à recenser les principales thèses soutenues par Démocrite, (460 - 350 av J.C.) à l'aide des différents fragments qui nous restent, il devient très compréhensible, à de nombreux égards, que Monod l'ait choisi comme référence majeure pour asseoir sa propre

⁷²²K. Freeman, *Ancilla to the pre-socratic philosophers*, Harvard university Press, 1978.

⁷²³ H. Buc, dans *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, « Le Hasard et la nécessité quarante ans après », éd Kimé. (2010) p.170.

⁷²⁴ Entretien d'Émile Noël avec Antoine Danchin, (1991) *le Hasard aujourd'hui*, le Seuil, 1991, pp. 111-112.

⁷²⁵ Entretien d'Émile Noël avec Antoine Danchin, (1991) *le Hasard aujourd'hui*, le Seuil, 1991, pp. 111-112.

philosophie naturelle. D'une part, les récentes découvertes, en matière de biologie moléculaire, viennent comme vérifier et illustrer les nombreuses intuitions du penseur atomiste ; d'autre part, un bon nombre d'analyses, touchant non seulement à la nature mais aussi à la culture, à la morale et à la politique peuvent se rapprocher également de celles de Monod.

Brossons brièvement un tableau des similitudes, avant de passer à l'interprétation philosophique que donne Monod de ses propres découvertes.

Tout d'abord, Démocrite, tout comme son maître Leucippe, attribue l'être aux atomes, corps extrêmement petits, insécables, impassibles et impérissables. Il s'efforce de constituer une physique mécaniste considérant que les atomes indivisibles sont les seuls objets naturels à considérer car ce sont eux qui constituent l'essence de tout ce qui existe. Pour rendre compte du mouvement, Démocrite fait intervenir le non-être qu'est le vide, dans lequel ces atomes évoluent, se bousculent, se repoussent ou tout en s'accrochant, finissent par s'agglutiner. Comme le dit Aristote, « Démocrite et Leucippe, après avoir posé ces figures (à savoir les atomes), en font sortir l'altération et la génération : la séparation et l'union de ces figures produisent la génération et la corruption, et leur ordre et leur position, l'altération. »⁷²⁶ A la différence des philosophes présocratiques qui cherchent à établir un élément matériel déjà composé comme principe et cause, Aristote juge que les atomistes « ont apporté l'explication la plus universelle, car ils ont pris comme principe ce qui vient naturellement en premier. »⁷²⁷ Cette théorie s'applique en effet à tous les corps sans exception et rend compte de façon très cohérente des éléments qui les composent. Ces atomes se choquent et leur collision, selon leur trajet en ligne brisée, les fait rebondir ou bien s'assembler, en corps de plus en plus composés. Le hasard intervient au niveau de leur répartition dans le vide infini, de leur rencontre en tant que séries causales indépendantes, de leur direction et dans la structure même que prend celle-ci, enfin, dans la production des composés. Nous renvoyons à ce propos à l'étude détaillée de ces six manières qu'a le hasard d'intervenir recensées par Marcel Conche.⁷²⁸ C'est aussi du hasard, pour les atomistes, que naît d'un tourbillon le monde dans sa totalité, comme le précise Aristote en *Physique* II, 4, 196 a 24-26 : Pour ceux-ci, « et notre ciel et tous les mondes ont pour cause le hasard : car c'est du hasard que proviennent la formation du tourbillon (è dinè) et le mouvement qui a séparé les éléments et constitué l'univers dans l'ordre où nous le voyons. »⁷²⁹ Au sein de ce tourbillon s'effectue un tri. Nous comprenons que ces phénomènes de composition au hasard puissent susciter l'intérêt de Monod. La composition

⁷²⁶ Aristote (2005), p. 33.

⁷²⁷ Aristote (2005), p. 92.

⁷²⁸ Marcel Conche (2002), pp. 3-6.

⁷²⁹ Aristote (1973), p. 69.

initiale de macromolécules à partir d'atomes initiaux, l'idée que les atomes, en se joignant selon la loi du choc puissent créer des composés pourrait trouver, en cette présentation des êtres composés des atomistes antiques, comme un lointain écho. Le fait également que Monod évoque la réalité substantielle du principe d'identité absolue de deux atomes au même état quantique peut constituer également un point de ressemblance avec Démocrite. Ce qui n'était que supposition, qui conférait aux atomes un ancrage dans le réel 25 siècles auparavant, semblerait une conviction que la physique quantique viendrait confirmer, par-delà les principes de la physique classique, qui n'y voyait qu'un simple principe logique. Ce point de vue sur la réalité substantielle de ce principe d'identité de deux atomes au même état quantique se trouve au ch. 6 de *HN*.⁷³⁰

On pourrait également établir un point commun entre Démocrite et Monod visant tous deux à établir une *theoria*, à partir de l'enquête des éléments de la nature ; enquête qui décèle en elle la nécessité d'enchaînements causaux. Comme le soulignent Bernadette Bensaude-Vincent et Catherine Kounelis dans l'introduction de leur anthologie historique, *Les atomes*, « l'atomisme antique, s'il est exprimé en langage spéculatif ou poétique, n'en est pas moins une doctrine rationnelle, qui code l'interprétation de la nature en accord avec le savoir physique et mathématique de l'époque. »⁷³¹ Il serait sans doute exact de dire, que, pour Démocrite comme pour Monod, la science, bien que très différente au sein de ces deux contextes historiques totalement différents, s'occupe non seulement des constituants ultimes des vivants mais aussi des relations nécessaires qui finissent par s'instaurer entre les différents objets du monde. Démocrite faisait déjà valoir une sorte de théorie de la connaissance « critique » avant l'heure, puisque pour lui, les impressions sensibles et qualitatives n'ont pas une valeur absolue mais résultent du passage des atomes à travers les « pores » des organes de sens. Pour Monod, il s'agit de faire valoir l'épistémologie cartésienne, avec la critique des qualités secondes, renouvelée et radicalisée par l'épistémologie de Kant et de Mach, avec l'instauration des formes a priori de la sensibilité et des catégories de l'entendement. Ces deux perspectives, tout en ne livrant pas du tout le même type d'explication, dans des contextes culturels très différents dont il faut rester très conscient, manifestent néanmoins en commun leur mise en doute d'une immédiateté du réel donné par les sens.

Il y a chez Démocrite tous les niveaux de nécessité que l'on peut retrouver, d'une certaine façon, chez Monod : la nécessité physique mais aussi la nécessité au sens de besoin. La nécessité physique est celle du phénomène physique qu'est le tourbillon initial qui engendre

⁷³⁰ J. Monod, (1970), pp.135-136.

⁷³¹ B. Bensaude-Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 6.

avec nécessité ce qui contient le monde et celle qui fait qu'une fois assemblés, les corps suivent des lois atomiques rigoureuses. Cette nécessité ne joue pas seulement sur le mouvement mais aussi sur la forme des atomes. Le statut même de leur forme, ronde ou anguleuse, crochue ou concave, intervient dans leur association, et l'on peut penser l'intérêt de cette intuition, quand on évoque les notions de forme à l'origine même de la thèse de l'allostérie ; pour l'heure cependant, il s'agit dans la biologie de Monod de molécules ; cependant, on ne peut passer sous silence le fait que les atomes en sont un sous-bassement indéniable. En effet, c'est le statut des composés, par association d'atomes, qui est pensé par l'atomisme, alors que la réalité de la "molécule" ne sera vraiment établie qu'à la fin du XIX^e siècle par la convergence des valeurs de la constante N, qui représente le nombre d'Avogadro, comme l'explique Jean Perrin en 1913 dans *Les atomes*. Nous pouvons suivre ainsi toute autre forme que prendront les nouvelles configurations de ceux-ci, toutes les structures qui, en s'accrochant par polarité, tels des "atomes crochus", donneront lieu, *mutatis mutandis*, à des configurations décelables en biologie moléculaire. Ainsi, ce qui n'était qu'imaginé par les atomistes antiques prend corps par l'entremise de la biologie moléculaire. Toute proportion gardée, il s'agit bien pour les atomistes, comme pour Monod d'« expliquer le visible compliqué par l'invisible simple », ⁷³² selon l'heureuse expression de Jean Perrin ⁷³³ dans sa Préface aux *Atomes*. La relation de symétrie, si chère à Monod, est déjà présente, en quelque façon, chez les atomistes qui font cas de la notion de *summétria*, à savoir une certaine proportion qui fait que des atomes restent unis, produisant le composé. Il faut entendre par *summétria*, une certaine convenance entre les formes atomiques réparties selon des intervalles de libre parcours, comme Marcel Conche l'explique dans son *Lucrèce*. De la même façon, la notion d'émergence dont parle aussi Monod est présente quand on se réfère à la conception atomiste selon laquelle la composition fait surgir des propriétés appartenant à l'ensemble, quoique absentes initialement dans les éléments primordiaux. Cette idée est énoncée dans la lettre à Hérodote d'Épicure, qui se veut en partie le continuateur de l'atomisme de Démocrite. « Il faut reconnaître que le corps tout entier tient absolument sa nature durable de toutes ces propriétés, sans en être d'ailleurs le simple assemblage, comme il arrive quand un complexe supérieur est formé, soit d'éléments primaires, soit de grandeurs qui lui sont inférieures. C'est de toutes ces propriétés qu'il tient sa nature durable. » ⁷³⁴ Toutes ces sortes de liens peuvent se trouver réenvisagées, à nouveaux frais, dans une certaine mesure, dans tous les systèmes

⁷³² B. Bensaude-Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 15.

⁷³³ J. Perrin, (1913), *Les Atomes*, préface.

⁷³⁴ B. Bensaude-Vincent et C. Kounelis, (1991), p. 34.

d'interactions moléculaires, à titre de systèmes émergents, mis en avant par la biologie moléculaire.

Il y a aussi une nécessité, à prendre en compte également, comme le souligne Gérard Naddaf, au sens de besoin, - non plus *anagkè* mais *khreia* -, visant le "ce dont on ne peut se passer", proche du concept de condition au sens, d'une part, de cause adjuvante, contenu dans le *sunaition* dégagé par Aristote, premier sens de nécessaire dégagé, en *Mét.* Δ ; et d'autre part, au sens également de ce qui est le plus avantageux, « *hupo toû sumphérontos* »⁷³⁵ La thèse du regroupement des premiers hommes et l'hypothèse de la naissance d'un premier langage pour s'organiser contre les bêtes sauvages, développé par Monod au ch.7⁷³⁶ de *HN* a pu trouver, dans le discours de l'atomiste, une source d'inspiration. En effet, comme l'expose G. Naddaf, « selon les Atomistes, les premiers humains vivaient à la manière des animaux » et selon eux, « c'est au cours de leur regroupements, quand ils étaient attaqués par des bêtes sauvages, (qu') ils développèrent un langage. »⁷³⁷ Ceci n'est pas très éloigné de la supposition de l'origine du langage qu'en fait Monod au ch. 7 Evolution, qui fait sien la thèse de Dart selon qui, si « les australanthropes chassaient avec succès de bêtes puissantes et dangereuses, c'était une performance convenue à l'avance par un groupe de chasseurs. Projet dont la formulation préalable aurait exigé l'emploi d'un langage. »⁷³⁸ Ce thème pourrait se trouver élargi, dans une perspective contemporaine, à tous les comportements du vivant qui visent la survie comme première nécessité, et en un sens cette nécessité, au sens de besoin pourrait venir illustrer l'idée darwinienne et néo-darwinienne de la survie du plus apte, ayant réussi ainsi à passer le cap opéré par le tri de la sélection, en ayant trouvé une solution pour répondre précisément à ses besoins, en fonction du milieu dans lequel il se trouve. En ce sens, la nécessité répondrait d'abord à la définition du besoin, avant même de décrire, des relations nécessaires inhérentes à l'explication du vivant.

Il y a enfin chez Démocrite le refus de diviniser les astres ; il y aura chez Monod le refus catégorique de personnifier la nature, en montrant l'inanité de tout animisme. De plus, sur un plan métaphysique, Démocrite réduit la réalité à la nature infinie et par là exclut toute transcendance. Option toutefois que les propos de Monod ne semblent pas totalement recouvrir, selon ce que certaines hypothèses de sens, relatives aux assertions de Monod, permettent ou non d'envisager.

A cela s'ajoute une vision d'une société déjà démocratique, chez Démocrite, avec l'importance pour les citoyens de participer à la vie politique, considérant que la loi se propose d'améliorer

⁷³⁵ Gérard Naddaf (2008), p. 239.

⁷³⁶ J. Monod, (1970), pp.169-170.

⁷³⁷ Gérard Naddaf, (2008), p. 239.

⁷³⁸ J. Monod (1970), p. 169.

la condition humaine⁷³⁹, tout en laissant chacun vivre comme bon lui semble. Ainsi, « si les communautés humaines se formèrent par nécessité, elles ont aussi tendance à s'épanouir sous l'action de la nécessité [...] afin d'éviter la discorde et d'encourager les vertus qui visent à la cohésion sociale. »⁷⁴⁰ Le pouvoir de l'homme sur lui-même pourrait aller jusqu'à une « création de sa nature » : en grec « physiopoiesis »⁷⁴¹ ; l'éthique viserait un « équilibre dynamique » entre microcosme, néologisme dont Démocrite serait à l'origine, et macrocosme, au sens ici de l'espace qui environne l'homme dans son environnement immédiat, et non de l'univers pris dans sa totalité.

Tous ces points de rapprochement étant brièvement présentés, voyons à présent, de très près, ce qui permet à Monod de s'appuyer sur les découvertes de la biologie moléculaire pour justifier l'exactitude et l'opportunité d'un tel rapprochement, et plus largement pour interpréter tous les phénomènes de la vie, et concrètement, tout vivant, à la lumière de ces deux concepts que sont le hasard et la nécessité. Nous discuterons ensuite pour savoir si ces nouveaux éclairages apportés par la biologie moléculaire suffisent à justifier une métaphysique du hasard et de la nécessité.

Pour définir commodément où se situe le hasard et où se situe la nécessité, voici ce que Monod déclare, dans une interview, donnée dans *Atomes*, datant de septembre 1969, intitulée « Face à face avec Pierre-Henri Simon et Jacques Monod » : « Le hasard est dans la structure de l'ADN, la nécessité est dans la sélection ».⁷⁴² Autrement dit, parler de hasard et nécessité est une façon philosophique pour Monod de rendre compte des concepts de mutation/sélection de la théorie synthétique. Après avoir exposé les raisons de cette interprétation philosophique de Monod, tant en ce qui concerne le hasard, tout d'abord, que la nécessité ensuite, nous discuterons pour savoir si partir de ces bases, énoncées ainsi, entraîne ou non *ipso facto* une métaphysique du hasard et de la nécessité. Dans ce cas, ces derniers concepts se trouveraient quasi hypostasiés, au point d'être la cause métaphysique de tout ce qui existe. Nous ouvrirons un débat sur une question d'ordre métaphysique persistante à propos du fait que tout ce qui existe, existe. D'où vient, en effet, qu'il y ait tout ce qui existe, une fois reconnus les atomes eux-mêmes, et les macromolécules qui en sont issues, à l'origine matérielle de l'univers tout entier et de chaque vivant en particulier ? Par sa teneur même, nous tenterons de montrer en quoi ce questionnement peut opposer une large résistance à la résolution du problème de l'existence de tout ce qui existe par la seule réponse invoquant le hasard et la nécessité, et par

⁷³⁹ Diels et Kranz, 68 B, 248.

⁷⁴⁰ Gérard Naddaf (2008), p. 247.

⁷⁴¹ Diels et Kranz, B, 33.

⁷⁴² Interview dans *Atomes* n° 268, 09.1969, p. 481.

là, d'ouvrir ou de laisser ouverte, tout au moins, une autre voie d'accès, permettant de penser autrement le fondement de tout ce qui existe.

1) Le hasard

Monod confie dans cette même interview, dont nous venons de parler, qu'on ne peut pas parler à propos du hasard d'un « principe explicatif » mais d'une « donnée ». « On croit souvent, dit-il (même les hommes de science le croient parfois) que le hasard est une explication dans les sciences. Il n'est jamais une explication. Il est une donnée. C'est tout différent. »⁷⁴³ Il dit en ce sens dans *HN* que le hasard est « cette notion centrale de la biologie moderne (qui) n'est plus aujourd'hui une hypothèse, parmi d'autres possibles ou au moins concevables. Elle est *la seule* concevable, comme seule compatible avec les faits d'observation et d'expérience. »⁷⁴⁴

Monod fait intervenir l'explication par le hasard tant au niveau des gènes qu'au niveau des protéines. En effet, en définitive, c'est au hasard que Monod attribue le fait que les gènes ou l'ADN soient un support d'information des protéines, qui, à leur tour, vont mettre en œuvre toute l'activité du vivant. Si le hasard est dans la structure de l'ADN, c'est en raison du caractère arbitraire du code et des mutations dont il est l'objet. Hasard qui devient donc aussi celui des protéines, exprimées par ce code arbitraire et sujet aux mutations. Nous pouvons faire la recension, à partir de la présentation qui en est faite dans *HN*, des « sites » très précis où Monod voit cette marque du hasard.

1) Hasard dans la configuration du message de l'ADN⁷⁴⁵ inscrit dans la séquence de protéines : il est impossible de prédire le 200ème acide aminé dans une séquence de polypeptide. La séquence des protéines est « au hasard », en ce sens que « connaissant exactement l'ordre de 199 résidus, il est impossible de formuler aucune règle qui permettrait de prévoir la nature du seul résidu non encore identifié par l'analyse. »⁷⁴⁶

2) Hasard dans « la coïncidence absolue entre « le déterminisme d'une mutation de séquence de l'ADN et celui de ses effets fonctionnels au niveau des interactions de la protéine. »⁷⁴⁷ En étudiant l'allostérie, nous avons vu qu'en définitive c'est le gène qui code les protéines interagissantes, de façon tout à fait arbitraire ; que « la spécificité des interactions est due entièrement à celle de la protéine dans les divers états qui lui sont accessibles, structure à son

⁷⁴³ Face à face : Pierre-Henri Simon et Jacques Monod, *Atomes*, n° 268 de septembre 1969, p. 483.

⁷⁴⁴ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁴⁵ J. Monod, (1970) p. 147.

⁷⁴⁶ J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁴⁷ J. Monod, (1970) p. 150.

tour librement, arbitrairement *dictée* par celle d'un gène. »⁷⁴⁸ Ainsi, dans la protéine, « par sa structure fondamentale rien ne se discerne que le jeu de combinaisons aveugles »⁷⁴⁹ Ainsi, toute la téléonomie du vivant, qui fait que tout se passe comme si les êtres sont conduits en vue de la survie de l'individu et de l'espèce, va s'ancrer dans le hasard.

3) Hasard quantique à l'origine des mutations.⁷⁵⁰

4) Hasard au niveau du code génétique : « aucune relation stérique directe ne relie le triplet codant à l'acide aminé codé. »⁷⁵¹ En fait, d'après Monod, « le transfert d'information eût pu tout aussi bien se faire selon une autre convention. »⁷⁵²

5) De plus, on peut voir dans toutes les relations de « gratuité », étudiées précédemment, nommées telles par Monod, une explication par le hasard. Gratuites en effet car non nécessaires, et donc accidentelles et contingentes : « Entre le substrat d'une enzyme allostérique et les ligands qui activent ou inhibent son activité, il n'existe aucune relation chimiquement nécessaire de structure ou de réactivité. »⁷⁵³ On peut encore se souvenir, à l'appui de ces observations, du passage suivant du chapitre 4 : « Il en résulte, et c'est là le point fondamental, qu'en fait de régulation par l'intermédiaire d'une protéine allostérique *tout est possible*. Une protéine allostérique doit être considérée comme un produit spécialisé d'« engineering » moléculaire, permettant à une interaction, positive ou négative, de s'établir entre des corps dépourvus d'affinité chimique et ainsi d'asservir une réaction quelconque à l'intervention de composés chimiquement étrangers et indifférents à cette réaction. Le principe opératoire des interactions allostériques autorise donc une entière liberté dans le « choix » des asservissements qui, échappant à toute contrainte chimique, pourront d'autant mieux n'obéir qu'aux contraintes physiologiques en vertu desquelles elles seront sélectionnées selon le surcroît de cohérence et d'efficacité qu'elles confèrent à la cellule ou à l'organisme. C'est en définitive la gratuité même de ces systèmes qui, ouvrant à l'évolution moléculaire un champ pratiquement infini d'exploration et d'expériences, lui a permis de construire l'immense réseau d'interconnexions cybernétiques qui font d'un organisme, une unité fonctionnelle autonome, dont les performances paraissent transcender les lois de la chimie, sinon leur échapper. »⁷⁵⁴ La nécessité apparaît ici dans les « contraintes physiologiques », et de ce fait, macroscopiques, en vertu desquelles la sélection opère et optimise ainsi la téléonomie de l'organisme.

⁷⁴⁸ J. Monod, (1970) p. 103.

⁷⁴⁹ J. Monod, (1970) p. 128.

⁷⁵⁰ J. Monod, (1970) pp. 146-150-155.

⁷⁵¹ J. Monod, (1970) p. 143.

⁷⁵² J. Monod, (1970) p. 182.

⁷⁵³ J. Monod, (1970) p. 91.

⁷⁵⁴ J. Monod, (1970), p. 103.

6) Hasard dans toutes les formations spontanées dues en partie à l'effet du hasard et en partie aux contraintes, liées à la nécessité d'une adaptation au milieu : dans ce cas une mutation peut s'avérer favorable si elle rencontre un milieu qui la valorise et permet une meilleure adaptation du vivant. C'est ce que Monod exprime lorsqu'il évoque « la pure sélection, (qui) opérant sur les éléments du comportement, aboutit au résultat que Lamarck voulait expliquer : le couplage étroit des adaptations anatomiques et des performances spécifiques. »⁷⁵⁵

Nous sommes véritablement en présence de la thèse centrale⁷⁵⁶ concernant le hasard au ch. 6, « Invariance et perturbations » de *HN* où se trouve affirmé que « le hasard *seul* est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère. »⁷⁵⁷

Monod a bien conscience du caractère provoquant de ce rôle éminent et fondamental car quasi-exclusif laissé au hasard. « Cette notion est aussi, de toutes celles de toutes les sciences, la plus destructive de tout anthropomorphisme, la plus inacceptable intuitivement pour les êtres intensément téléonomiques que nous sommes. C'est donc la notion ou plutôt le spectre que doivent à tout prix exorciser toutes les idéologies vitalistes et animistes. Aussi est-il très important de préciser dans quel sens exact le mot de hasard peut et doit être employé, s'agissant des mutations comme source de l'évolution. Le contenu de la notion de hasard n'est pas simple et le mot même est employé dans des situations très différentes. Le mieux est d'en prendre quelques exemples. »⁷⁵⁸

a) Distinction hasard essentiel/hasard opérationnel

Monod développe ce que recouvre cette notion de hasard, au chapitre 6 de *HN*, pour en fournir une élucidation la plus précise et la plus complète possible, à l'aide d'exemples, avant de la définir conceptuellement. Pour ce faire, il va distinguer les deux types de hasard que nous n'avions fait qu'évoquer en première partie : **le hasard opérationnel et le hasard essentiel**.⁷⁵⁹ Il prend comme exemple de **hasard opérationnel** l'exemple de la roulette ou du jeu de dés, sachant qu'il relève d'un calcul de probabilités. « Il en est de même, dit-il à leur propos, comme on le verra aisément, pour la théorie de nombreux phénomènes où on emploie la notion de hasard et le calcul des probabilités pour des raisons purement méthodologiques. »⁷⁶⁰ Le hasard opérationnel est donc lié au calcul des probabilités. Il repose

⁷⁵⁵ J. Monod, (1970), p. 165.

⁷⁵⁶ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁵⁷ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁵⁸ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁵⁹ J. Monod, (1970) pp. 148-150.

⁷⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 149.

en particulier sur des lois statistiques, s'appuyant sur la loi des grands nombres, dégagée pour la première fois en 1839 par le mathématicien Siméon Denis Poisson. Ce dernier établit, à partir de certaines variables aléatoires notées « N », le nombre de chances que tel événement se produise dans tel domaine sur une période donnée. Monod le rappelle : « Ainsi, à propos du jeu de dés, ou de la roulette, on utilise le calcul des probabilités pour prévoir l'issue d'une partie. » C'est pourquoi, il fait immédiatement observer ensuite : « Mais ces jeux purement mécaniques, et macroscopiques, ne sont « de hasard » qu'en raison de l'impossibilité pratique de gouverner avec une précision suffisante le jet de dé ou celui de la boule. Il est évident qu'une mécanique de lancement de très haute précision est concevable, qui permettrait d'éliminer en grande partie l'incertitude du résultat. » Ce qui lui permet d'en conclure dans ce cas : « L'incertitude est purement opérationnelle, mais non essentielle », ⁷⁶¹ c'est-à-dire que la loi des grands nombres permet de prédire le résultat de façon certaine, fût-elle approximative, ce qui ôte au hasard son incertitude, qui finalement, se trouve circonscrit dans des lois statistiques. Le qualificatif « opérationnel » utilisé ici par Monod provient très certainement de l'usage qui en est fait en science physique. David Ruelle en donne une définition très précise lorsqu'il dit à propos de la mécanique quantique, que comme les autres théories physiques, celle-ci « comporte une partie opérationnelle qui indique comment un certain morceau de réalité physique est décrit par les mathématiques. » ⁷⁶²

Ce hasard lié à un calcul de probabilités est clairement distinct, selon Monod, du **hasard essentiel**, vu comme « coïncidence absolue », et donc non prédictible, sans aucune loi obéissant à un ordre mathématique, totalement « arbitraire » et « gratuit ». Ce sont les situations suivantes qui servent de paradigme : « Dans d'autres situations, la notion de hasard prend une signification essentielle et non plus simplement opérationnelle. C'est le cas, par exemple, de ce que l'on peut appeler les « coïncidences absolues », c'est-à-dire celles qui résultent de l'intersection de deux chaînes causales totalement indépendantes l'une de l'autre, selon la définition qu'en donnait Cournot. ⁷⁶³ « Supposons par exemple que le D^r Dupont soit appelé d'urgence à visiter un nouveau malade, tandis que le plombier Dubois travaille à la réparation urgente de la toiture d'un immeuble voisin. Lorsque le D^r Dupont passe au pied de l'immeuble, le plombier lâche par inadvertance son marteau, dont la trajectoire (déterministe) se trouve intercepter celle du médecin, qui en meurt le crâne fracassé. Nous disons qu'il n'a pas eu de chance. Quel autre terme employer pour un tel événement, imprévisible par sa nature même ? Le hasard ici doit être évidemment considéré comme essentiel, inhérent à

⁷⁶¹ J. Monod, (1970) pp. 148-149.

⁷⁶² D. Ruelle, (1991) *Hasard et chaos*, O. Jacob, 1991, p. 124.

⁷⁶³ A-A. Cournot, (1984), [1843], *Fondements*, « Exposition de la théorie des chances et des probabilités », p. 36.

l'indépendance totale des deux séries d'événements dont la rencontre produit l'accident. »⁷⁶⁴

Le hasard essentiel est par conséquent totalement imprévisible, à l'inverse du hasard opérationnel qui finalement est réduit à la prévisibilité par la loi statistique.

Le hasard essentiel, par conséquent, n'est pas réductible à une loi mathématisable. Il semble échapper à tout calcul et tout contrôle. Comme illustration scientifique de hasard essentiel appliquée à la biologie, l'exemple que donne Monod est celui de la rencontre « entre le déterminisme d'une mutation de séquence dans l'ADN et celui de ses effets fonctionnels au niveau des interactions absolues. »⁷⁶⁵ Hasard, au sens d'Aristote et de Cournot, déjà identifié dans notre première partie, comme rencontre de deux séries de causes indépendantes, au sein d'un vivant existant. Voici la raison qu'en donne (ou la conséquence qu'en tire) Monod : « Car, dit-il, entre les erreurs qui peuvent provoquer ou permettre une erreur dans la réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles, il y a également indépendance totale. »⁷⁶⁶ Cela signifie que Monod distingue l'événement mutationnel qui est étranger par nature à l'effet fonctionnel. « L'effet fonctionnel dépend de la structure, dit-il, du rôle actuel de la protéine modifiée, des interactions qu'elle assure, des réactions qu'elle catalyse. Toutes choses qui n'ont rien à voir avec l'événement mutationnel lui-même, comme avec ses causes immédiates ou lointaines, et quelle que soit la nature, déterministe ou non, de ces « causes ». »⁷⁶⁷ Nous voyons que Monod donne un exemple en biologie de ce hasard essentiel de façon explicite : la rencontre des mutations dans l'ADN et des effets fonctionnels ; « hasard inhérent à l'indépendance totale des deux séries dont la rencontre produit l'accident. »⁷⁶⁸ À noter que Monod considère ces « coïncidences absolues »⁷⁶⁹ résultant de l'intersection de deux chaînes indépendantes comme un cas, parmi d'autres, de hasard essentiel. Pourtant, Monod ne spécifie à aucun moment de façon explicite quels autres cas pourraient s'y rapporter.

Si Monod donne un exemple explicite en biologie de ce qu'il nomme hasard essentiel, en revanche, il ne donne pas expressément d'exemple de hasard opérationnel pris dans le domaine du vivant. Ce qui fait que persiste, excepté pour le hasard 2) exposé plus haut⁷⁷⁰ expressément essentiel, un certain flou notionnel pour les cinq autres cas de hasard que nous avons recensés.

À quel type de hasard se rattache en effet celui qui apparaît dans la chaîne de la séquence des protéines, cité plus haut comme hasard 1) ? On pourrait y voir une sorte de hasard essentiel,

⁷⁶⁴ J. Monod, (1970) p. 149.

⁷⁶⁵ J. Monod, (1970) p. 150.

⁷⁶⁶ J. Monod, (1970) p. 149.

⁷⁶⁷ J. Monod, (1970) p. 149.

⁷⁶⁸ J. Monod, (1970) p. 149.

⁷⁶⁹ J. Monod, (1970) p. 150.

⁷⁷⁰ p. 229 de la thèse.

d'une part parce que Monod y affirme que sa seule loi d'assemblage est la loi du hasard : « De ces séquences (...) on peut aujourd'hui déduire la loi générale : c'est celle du hasard, »⁷⁷¹ et d'autre part parce qu'il nous dit que ce hasard n'est pas un aveu d'ignorance, mais une constatation de fait : « Dire de la séquence des amino-acides dans un polypeptide qu'elle est due « au hasard » ne revient nullement, il faut insister là-dessus, à un aveu d'ignorance. »⁷⁷² Cependant, Monod nous indique une possibilité de calculer la fréquence moyenne de ces mutations qui serait égale, nous explique-t-il, au produit des fréquences moyennes. Voici l'exposé de ce calcul exact qu'en fait Monod, illustré à la suite de l'exemple du jeu de cartes : « à savoir que, par exemple, la fréquence moyenne avec laquelle tel résidu est suivi de tel autre dans les polypeptides est égale au produit des fréquences moyennes de chacun des deux résidus dans les protéines en général. On peut illustrer ceci d'une façon. Supposons un jeu de cartes portant chacune le nom d'un amino-acide. Soit un paquet de deux cents cartes dans lequel la proportion *moyenne* de chaque amino-acide serait respectée. Après avoir battu les cartes on obtiendrait des séquences au hasard, que rien ne permettrait de distinguer des séquences effectivement observées dans les polypeptides naturels. »⁷⁷³ Il s'agirait là, par conséquent, d'un calcul probabiliste, donc possiblement rattachable au hasard opérationnel. De la même façon, que dire de la nature du hasard des mutations accidentelles et imprévisibles de l'ADN, traité selon les cas en hasard 1) et 3) ? Ce sont « des altérations que peut subir une séquence de polynucléotides dans la double fibre de l'ADN », envisagées au chapitre 6, « Invariance et perturbations ». « Nous disons que ces altérations sont accidentelles, qu'elles ont lieu au hasard. Et puisqu'elles constituent la *seule* source possible de modifications du texte génétique, *seul* dépositaire à son tour des structures héréditaires de l'organisme, il s'ensuit nécessairement que le hasard seul est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère. »⁷⁷⁴ Affirmation beaucoup plus assurée, remarquons-le, que celle donnée dans la Préface où Monod se cantonnait à dire que « Si la théorie moléculaire du code ne peut aujourd'hui (et sans doute ne pourra jamais) prédire et résoudre toute la biosphère, elle constitue dès maintenant une théorie générale des systèmes vivants. »⁷⁷⁵ Monod semble, d'une part, rattacher ce hasard à un hasard essentiel puisqu'il relèverait des propriétés quantiques de la matière, dont on ne peut (ou ne sait) calculer simultanément la position et la vitesse, comme l'a mis en évidence Heisenberg. D'autre part, n'oublions pas qu'à l'échelle d'une population, Monod cherche à estimer un taux : c'est ce qu'il

⁷⁷¹ J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁷² J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁷³ J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 148-149.

⁷⁷⁵ J. Monod, (1970) p. 12.

fait, par exemple lorsqu'il estime à 3.10^9 mutations le taux de la population humaine actuelle.⁷⁷⁶ Sous ce rapport, les différents taux de mutations s'effectuent selon un calcul probabiliste, selon la loi des grands nombres découverte par Poisson, citée plus haut.

Il en est de même pour toutes les mutations quantiques, toutes les altérations relevant du champ de la physique quantique, nommé spécifiquement en hasard 3). Nous pourrions qualifier ce hasard de « diachronique », pour reprendre la distinction structuraliste, puisque, lui, court à travers toute l'histoire de l'évolution, avec le rôle déterminant de la sélection triant les résultats du hasard quantique à l'origine des mutations. Nous avons déjà évoqué cet aspect de la mutation qui est en soi un événement microscopique, imprévisible par nature. « Une mutation est en soi, dit-il, un événement microscopique quantique, auquel par conséquent s'applique le principe d'incertitude : événement donc essentiellement imprévisible par sa nature même. »⁷⁷⁷ Cet événement peut effectivement se produire à n'importe quel moment du temps. Ces mutations relèvent de la structure quantique de la matière, telle que l'envisage la physique quantique. Monod souligne en effet « qu'il existe, à l'échelle microscopique, une source d'incertitude plus radicale encore, enracinée dans la structure quantique de la matière elle-même. »⁷⁷⁸ Dans ce cas précis, Monod n'indique aucune façon de rattacher ce hasard à un hasard opérationnel. Reste-il par conséquent, pour autant, essentiel à ses yeux ? Monod ne semble pas trancher de façon explicite cette question.

Par conséquent, il serait possible de rattacher tous ces cas cités où le hasard intervient au hasard opérationnel, susceptible d'une certaine prévision relevant du calcul. Nous aurions de bonnes raisons de le faire puisque Monod lui-même suggère, au cours des explications qui suivent chaque exemple, que tant le hasard dans la séquence polypeptidique d'une protéine que celui dans le message de l'ADN, jusques et y compris dans la structure quantique de la matière, tous ces cas, où le hasard intervient, sont susceptibles de relever de calculs probabilistes. Nous noterions alors un fléchissement possible en faveur du seul hasard opérationnel, au détriment du hasard essentiel, quoique Monod tente de s'en défendre de façon très ferme dans l'emploi du hasard au sens 2).

b) Hasard intrinsèque et objectif

Monod insiste sur le fait que le hasard s'avère être une propriété des choses et non la représentation d'une lacune due à notre ignorance. C'est un hasard « intrinsèque », au sens

⁷⁷⁶ J. Monod, (1970) p. 158.

⁷⁷⁷ J. Monod, (1970) p. 150.

⁷⁷⁸ J. Monod, (1970) p. 150.

employé par Laurent Sentis,⁷⁷⁹ objectif et non pas subjectif, ou extrinsèque, ce qui en ferait la mesure de notre ignorance. Cependant une tension conceptuelle demeure, comme nous allons essayer de le montrer, entre la position exclusive d'un hasard objectif, irréductible à notre ignorance, ce « hasard intrinsèque », comme nous venons de le nommer, selon la terminologie de Laurent Sentis, hasard inhérent aux propriétés mêmes de la matière, et un hasard subjectif, qui n'est autre qu'un aveu d'ignorance, ou qui n'exprime que la mesure de notre ignorance, avouée ou niée. Seul le hasard 2) paraît, aux yeux de Monod « essentiel ». Tous les autres restent réductibles, et en cela peuvent refléter provisoirement un aveu d'ignorance.

Nous trouvons bien chez Monod l'affirmation d'un hasard objectif, non lié à l'impuissance de notre connaissance subjective. Monod rapporterait-il dès lors le hasard opérationnel à la mesure de notre ignorance, celle qui fait que nos calculs ne seront jamais assez précis, tandis qu'il attribuerait le hasard essentiel comme relevant des propriétés inconnues de la matière ? Il ne semble pas, car Monod ne pense pas l'appellation de tous ces cas nommés « hasards » comme étant un terme bouche-trou de notre ignorance : il pense que la matière, a intrinsèquement la propriété de se révéler, par nature, imprévisible. Ce hasard n'a donc pas vocation à être l'équivalent d'un aveu d'ignorance au sens de ce qu'on a pu appeler « hasard subjectif » - à quelques réserves près émises par Monod dans ses *Notes* inédites et inachevées *sur le temps* -, mais comme une « donnée » de l'expérience qui n'est pas dépassable. Monod insiste bien sur ce fait. Il dit par exemple, à propos du hasard désigné en 1) dans notre étude : « Dire de la séquence des amino-acides dans un polypeptide qu'elle est due « au hasard » ne revient nullement, il faut insister là-dessus, à un aveu d'ignorance, mais exprime une constatation de fait. »⁷⁸⁰ Hasard donc objectif, qui remplit à peu près la même fonction, toute proportion gardée, que le « clinamen » lucrétien, au sens où il ouvre un chemin pour permettre le changement, l'évolution, au sein d'une fixité inhérente au vivant. Cela est vrai aussi pour le hasard dans la configuration du message de l'ADN. Ce hasard donne lieu à une incertitude quant à son temps d'apparition et à sa nature - qu'il s'agisse de délétion, d'addition d'une ou plusieurs paires de nucléotides ou de divers « mastics » tels que substitution, redondance, fusion, inversion⁷⁸¹ par exemple - car relevant d'un domaine imprédictible, d'une imprévisibilité essentielle, au cœur de la matière elle-même ; hasard proprement « objectif », qui semble, en ce sens, anticiper ici, dans une certaine mesure, ce qui deviendra la théorie du

⁷⁷⁹ L. Sentis, *Idéologie du hasard*, p. 1 et 3.

⁷⁸⁰ J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁸¹ J. Monod, (1970) p. 147.

chaos,⁷⁸² à ceci près que celui-ci fait davantage appel à la notion de hasard calculable, en dépit de son imprévisibilité, et revêt, par conséquent un caractère déterministe.

Cependant une note de Monod consignée aux archives dans le dossier portant sur l'affaire Lyssenko montre que le problème est plus compliqué qu'il n'y paraît. On y trouve en effet cette mention d'un hasard qui reste, quoique Monod s'en défende par ailleurs, une forme d'aveu d'ignorance. Voici ce passage dans ce papier dactylographié, pris sous la dictée de Monod : « Il est complètement évident pour tout le monde (sauf Lyssenko) qu'en disant que les mutations se font au hasard, on entend par là qu'elles dépendent de causes complexes, que l'on ne peut (provisoirement) analyser avec rigueur. Aucun généticien, que je sache, n'a jamais soutenu ou supposé que les mutations ne dussent dépendre de causes précises, déterminées, matérielles. »⁷⁸³ Décidément, comme l'exprime Spaemann, « le Newton du brin d'herbe n'existera jamais parce que cela supposerait une analyse infinie. »⁷⁸⁴ Hasard ne signifierait donc pas sans causes connaissables ou encore moins, absence de cause, mais relevant de trop de causes pour véritablement pouvoir les compter. Non pas absence mais excès de causes.

c) Hasard : liberté créatrice,⁷⁸⁵ absolue mais aveugle⁷⁸⁶

À propos de la répartition des acides aminés dans la séquence d'un polypeptide dans une protéine, voici que Monod en vient à exprimer que « toute structure primaire de protéine apparaît comme le pur produit d'un choix fait au hasard, à chaque chaînon, parmi les vingt résidus disponibles »,⁷⁸⁷ Monod conclut donc au caractère totalement aveugle de cette répartition : « Une protéine globulaire c'est déjà, à l'échelle moléculaire, une véritable machine par ses propriétés fonctionnelles, mais non, nous le voyons maintenant par sa structure fondamentale où rien ne se discerne que par le jeu de combinaisons aveugles. »⁷⁸⁸ Il y parle « d'un jeu totalement aveugle, repris, à la fin, de façon rhétoriquement, redondante, par l'expression du « jeu de combinaisons aveugles » et où le hasard se trouve en bonne place avec l'affirmation centrale et forte du texte génétique qui ne « révèle dans sa structure que le hasard de son origine ». Toutes ces expressions sont importantes à explorer, dans ce passage-clé que nous livrons *in extenso*, et dans lequel, nous avons souligné d'un trait toutes les occurrences dans lesquelles l'expression du hasard apparaît: « D'un jeu totalement aveugle,

⁷⁸² D. Ruelle, *Hasard et chaos*, Odile Jacob (1991)

⁷⁸³ J. Monod, (1970) archives MON Pol 1, *Analyse par Monod d'un exposé de Lyssenko*, 68 pages. p. 12.

⁷⁸⁴ Collectif, *La finalité en question*, (2000) Spaemann p. 367.

⁷⁸⁵ J. Monod, (1970) p. 152.

⁷⁸⁶ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁸⁷ J. Monod, (1970) p. 148.

⁷⁸⁸ J. Monod, (1970) p. 128.

tout, par définition, peut sortir, y compris la vision elle-même. Dans l'ontogénèse d'une protéine fonctionnelle, l'origine et la filiation de la biosphère entière se reflètent et la source ultime du projet que les êtres vivants représentent, poursuivent et accomplissent, se révèle dans ce message, dans ce texte précis, fidèle, mais essentiellement indéchiffrable que constitue la structure primaire. Indéchiffrable, puisque avant d'exprimer la fonction physiologiquement nécessaire qu'il accomplit spontanément, il ne révèle, (soulignons-le à nouveau,) dans sa structure, que le hasard de son origine. Mais tel est, justement, le sens le plus profond, pour nous, de ce message qui nous vient du fond des âges. (...) Il n'est pas nécessaire de connaître les détails de ce mécanisme pour comprendre la signification profonde du mystérieux message que constitue la séquence des radicaux dans une fibre polypeptidique. Message qui, par tous les critères possibles, semble avoir été écrit au hasard. Message cependant chargé d'un sens qui se révèle dans les interactions discriminatives, fonctionnelles, directement téléonomiques, de la structure globulaire, traduction à trois dimensions de la séquence linéaire. Une protéine globulaire c'est déjà, à l'échelle moléculaire, une véritable machine par ses propriétés fonctionnelles, mais non, nous le voyons maintenant, par sa structure fondamentale où rien ne se discerne que le jeu de combinaisons aveugles, (nous soulignons). Hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en ordre, règle, nécessité. »⁷⁸⁹ N'y-a-t-il pas un risque d'outrepasser la méthode scientifique qui ne peut prétendre tout déduire de principes premiers dans la mise en valeur de ce principe premier qu'est le hasard quand se trouve affirmé : « Nous disons que ces altérations sont accidentelles, qu'elles ont lieu au hasard. Et puisqu'elles constituent la *seule* source possible de modifications du texte génétique, seul dépositaire à son tour des structures héréditaires de l'organisme ; il s'ensuit nécessairement que le hasard seul est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère »⁷⁹⁰. Cet énoncé n'est-il pas en contradiction avec les limites plus modestes dans lesquelles Monod inscrivait dans la Préface⁷⁹¹ la théorie moléculaire du code qui « ne peut, dit-il, (et sans doute ne pourra jamais) prédire et résoudre toute la biosphère » même si « elle constitue dès maintenant une théorie générale des systèmes vivants. » ? Affirmation réitérée plus loin vers la fin du chapitre 2 « Vitalismes et animismes » où Monod réaffirme : « Nous pouvons, je crois, affirmer aujourd'hui qu'une théorie universelle, si entiers que seraient ses succès par ailleurs, ne pourrait jamais contenir la biosphère, sa structure, son évolution en tant que phénomènes

⁷⁸⁹ J. Monod, (1970) p. 128.

⁷⁹⁰ J. Monod, (1970) p.148.

⁷⁹¹ J. Monod, (1970) p.12.

déductibles des premiers principes ». ⁷⁹² Or, le hasard, comme seule source de toute nouveauté et de toute création, ne fait-il pas figure de premier principe dont tout découle ? N'y-a-t-il pas là deux conceptions qui semblent totalement inconciliables car soit le hasard est le premier principe, d'où tout est déduit, y compris la nécessité qui en découle, une fois le hasard « capturé » et repris dans des formes nécessaires, soit le hasard n'est pas le premier principe mais reste « cause accidentelle » au sens aristotélicien, dans un monde régi par des principes différents de lui et, dans ce cas effectivement, tout ne surgit pas par l'effet du hasard seul.

Face à cette thèse centrale, conjuguée à celle suivant laquelle Monod fait du hasard la seule source de toute création, de toute nouveauté, ⁷⁹³ on peut se demander si l'expression de « liberté aveugle » utilisée pour nommer le hasard peut avoir un sens. C'est à ces questions que nous allons tenter de répondre dans la discussion qui suit, après avoir insisté, en guise d'introduction, sur le caractère problématique de cette notion, avant de passer la parole à différents auteurs niant un tel rôle conféré au hasard, pour, au terme de ces confrontations, tenter d'arbitrer, dans la mesure du possible, ce débat. Nous nous interrogerons ensuite sur la notion de hasard, en tant que « source de toute création », en nous demandant si cette notion de création, est justifiée ici. Nous nous demanderons si cette notion peut être utilisée, à bon droit, dans une perspective scientifique, ou bien si elle s'inscrit au contraire et ne peut s'inscrire que dans une perspective résolument métaphysique.

DISCUSSION SUR LE HASARD :

Nous pèserons tout d'abord la valeur de l'expression, à dessein paradoxale, de « loi du hasard » à travers les deux sortes de hasard dégagées par Monod : le hasard dit « essentiel » et le hasard dit « opérationnel ». Le hasard essentiel de Monod semble avoir une proximité avec l'*automaton* originel des présocratiques. Le hasard opérationnel se rattache à un hasard encadré par la loi des grands nombres et répond aux lois mathématiques probabilistes. Pour établir la différence, Monod s'appuie sur des données scientifiques récentes de la microphysique. Nous nous interrogerons sur la validité de la thèse d'un hasard essentiel et nous discuterons au sujet de savoir s'il se voit ou non réduit à une simple loi statistique. Ce qui ferait que ce fameux hasard essentiel, quasi hypostasié sur un plan métaphysique, se trouverait réduit à la situation d'un simple hasard opérationnel, soumis à des calculs très complexes certes, liés à l'enchevêtrement de la multiplicité de causes, mais dont le calcul

⁷⁹² J. Monod, (1970) p.61.

⁷⁹³ J. Monod, (1970) pp. 148-149.

n'échapperait peut-être pas à la connaissance d'un être omniscient. En ce sens, des informations recueillies dans des notes de travail de Monod viennent étayer le fait que Monod refuse de considérer que le hasard soit défini tel, par défaut de cause : il l'est bien plutôt par excès de causes complexes dont l'enchevêtrement semble inextricable. Dès lors, le hasard resterait bien la mesure de notre ignorance.

Puis, nous exposerons les positions de ceux qui remettent en cause le hasard en s'appuyant sur les lois de la nature : loi de la matière, loi du vivant, loi physique, loi mathématique.

À l'issue de cette confrontation, nous statuerons sur ce que la biologie peut dire du hasard, au nom de son statut scientifique, tout en sachant que cette science particulière doit rattacher de façon cohérente ses conclusions à celle des autres sciences, et ne peut faire l'impasse d'un dialogue qui ne fait que s'étendre de plus en plus, à l'ère contemporaine.

Enfin, et c'est sans doute, de loin, ce qu'il y aura de plus important dans cette discussion, à l'issue de cet examen, nous discuterons la position de Monod qui consiste à faire du hasard « la source de toute création ».

N'y-a-t-il pas incohérence ou tout au moins paradoxe à parler de ce qui précisément ne peut être une loi générale *stricto sensu* car, comment peut-on parler de loi générale lorsqu'il s'agit précisément de l'irrégularité par excellence, celle du pur hasard ? Déjà Poincaré dénonçait le caractère illégitime et irrationnel de cette utilisation, lui qui s'exclamait dans *Science et méthode* : « Comment oser parler des lois du hasard ? Le hasard n'est-il pas l'antithèse de toute loi ? »⁷⁹⁴ N'est-il pas risqué ou inconséquent d'en déduire, comme le fait Monod, « la loi générale : celle du hasard » ?⁷⁹⁵ La provocation ne serait pas gênante si, finalement, cette affirmation s'avérait vraie. Le problème est qu'elle est sans doute excessive. En tout cas, si cette rhétorique frappe l'esprit du lecteur, son aspect catégorique semble, cependant, omettre l'objection, trouvée déjà chez Leibniz⁷⁹⁶ selon laquelle il y a peut-être une loi qui nous échappe dans ce qui apparaît pour nous pur hasard. Certes, cet argument convient toutefois lorsque l'exemple est déjà fini, mais pour un exemple en cours de réalisation, cette loi n'est pas nécessairement accessible. Cependant, d'autres interprétations, autre que celle du pur hasard, restent possibles. En effet, on peut être placé soit face à une indétermination totale, soit face à une potentialité constitutive de la matière. L'influence, en particulier, de Schrödinger, pourtant non nommé dans *HN*, semble très présente : ce dernier en effet soutient que les lois déterminantes de la mécanique quantique peuvent être des effets émergents

⁷⁹⁴ H. Poincaré, 1920 (1908), *Science et méthode*, p. 64.

⁷⁹⁵ J. Monod, (1970) p. 127.

⁷⁹⁶ G.W. Leibniz, (1993) [1686] *Discours de métaphysique*, §6 « Dieu ne fait rien hors de l'ordre et il n'est pas même possible de feindre des événements qui ne soient point réguliers. » p. 41 Vrin.

macroscopiques à partir d'un fonds d'occurrences microscopiques aléatoires. **Le hasard essentiel est-il finalement absorbé par le hasard opérationnel chez Monod ou est-il définitivement irréductible ?** Faut-il penser le hasard de la loi des grands nombres, des probabilités comme cadrant avec le hasard essentiel ? En va-t-il bien pour Monod comme le propose Madeleine Barthélémy-Madaule d'une résorption du hasard essentiel dans le hasard opérationnel ? Celle-ci résume ainsi le soubassement conceptuel de l'analyse du hasard chez Monod en ces termes : « Les conceptions du hasard mises en avant par Monod sont celles d'Aristote et de Cournot : l'exception, le fortuit, la coïncidence par interaction des « chaînes causales », la fréquence calculable, voilà la base conceptuelle du livre de Monod ; chacun de ces caractères tient aux autres ; le fortuit, l'exception, c'est le signe qui alerte l'expérimentateur ou le spectateur ; l'interaction des « chaînes causales » indépendantes, c'est le signifié, le fondement ; le calcul de fréquence, c'est la reprise de l'apparement imprévisible dans une prévisibilité plus subtile. »⁷⁹⁷ Cela va tout à fait dans le sens de Popper qui réduit ce hasard à un « *savoir incomplet*. »⁷⁹⁸ La sorte d'événement fortuit due à l'entrée en interaction de deux chaînes causales indépendantes, est, dit-il en effet, « parfaitement compatible avec le déterminisme laplacien : n'importe qui, pourvu d'avance de renseignements suffisamment complets sur les événements pertinents, aurait pu prédire ce qui ne pouvait manquer d'arriver. »⁷⁹⁹

De plus, si la prévision est impossible pour nous, cela n'implique pas nécessairement qu'elle soit sans autre cause que le hasard qui serait dès lors, à la vérité, le concept refuge de notre ignorance. Monod veut voir dans le hasard essentiel autre chose qu'un aveu d'ignorance : « à moins de revenir, dit-il, bien entendu à l'univers de Laplace, d'où le hasard est exclu par définition et où le docteur, de tout temps, devait mourir sous le marteau du plombier. »⁸⁰⁰ Cependant il n'est pas si clair que le hasard objectif qui s'effectue dans la matière soit, pour Monod, sans cause connaissable. Rappelons-nous ce texte précieux dactylographié, sous la dictée de Monod, que l'on peut lire aux archives dans la liasse réservée à Lyssenko, cité en première partie : « Il est complètement évident qu'en disant que les mutations se font au hasard, on entend par là qu'elles dépendent de causes complexes, que l'on peut ne peut provisoirement analyser avec rigueur. Aucun généticien n'a jamais soutenu que les mutations ne dussent dépendre de causes précises, déterminées. »⁸⁰¹ Ce que Monod entend souligner surtout est que ces événements n'étaient pas prédictibles au sens où ils auraient été déductibles

⁷⁹⁷ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 46.

⁷⁹⁸ K. Popper (1984), p. 103.

⁷⁹⁹ K. Popper (1984), p. 103.

⁸⁰⁰ J. Monod, (1970) p. 150.

⁸⁰¹ J. Monod, « Prise de position politique, affaire Lyssenko », archives liasse 55, archives de l'institut Pasteur p. 12.

d'une théorie car leur singularité fait qu'à un instant t donné ils se sont passés sans être totalement pré-déterminés de façon fixe et immuable. En l'occurrence, son exemple se fonde sur un choix décisionnel humain, car c'est le médecin qui a bien décidé de venir au chevet de son malade, même si, bien sûr, il ne pouvait prévoir la chute du marteau à cet instant précis - ce qui ouvre, par le fait même de l'acte décisionnel, un commencement non déductible du monde de la physique ni même, sans doute, de la biologie.

Il conviendrait donc de dire que le hasard, pour Monod, ce n'est pas ce qui est sans cause, mais plutôt ce qui se fait sans intentionnalité. En cela, il rejoint en quelque façon l'analyse d'Aristote jouant sur le « μάτον/μάτην », jeu de mot grec intraduisible et qui en français, rappelons-le, vise « ce qui se meut (soi-même) / en vain », déjà vu plus haut, qui était pour le philosophe grec une façon de définir le hasard. On peut en prendre pour preuve l'exemple du marteau tombant par inadvertance sur la tête du médecin : ce cas est vraiment l'illustration de ce geste non intentionnel, sans finalité aucune, qui arrive involontairement car aveuglément. De plus, on pourrait suggérer que rapporter un hasard essentiel à des propriétés intrinsèques à la matière revient, d'une certaine manière, à le rapporter à des propriétés inconnues par nous de la matière, mais inconnues relativement à nous et non pas en soi ; ce qui peut encore, d'une certaine façon, nous faire retomber sur cet aveu d'ignorance, en traitant de ces propriétés relativement au sujet connaissant, et non pas en elles-mêmes, de façon purement « intrinsèque ». Ce qui serait encore une façon d'interroger la validité de la thèse d'un hasard vraiment « essentiel ».

Donnons à présent la parole à différents penseurs discutant tous, sous divers aspects, la thèse de Monod sur le hasard, insistant tous, de différentes manières, sur la nécessité des lois de la nature, qu'il s'agisse des lois de la matière, des lois du vivant, ou enfin des lois mathématiques dans l'univers ; certains récusent totalement le hasard, d'autres lui réservent une place, mais dans certaines limites. Le but de cette confrontation ne consistera pas à renvoyer Monod et ces auteurs dos à dos, mais à favoriser un arbitrage le plus « éclairé » possible, en réfléchissant sur ces contre-arguments exposés ici dans ce qui suit.

On peut présenter la vision générale de ceux qui invoquent les lois de la nature par cette vue énoncée par Brachet dans la *Vie créatrice des formes* dès 1927 : « Par généralisation, nous constatons que l'univers est un système, c'est-à-dire que le caprice ou le hasard n'y jouent aucun rôle ; nous concluons que les lois qui le régissent sont immuables et qu'elles dureront autant que lui. ». Or, rappelons que déjà Newton pensait possible une variabilité des lois de la nature, lorsqu'il dit, dès 1704, dans son traité d'optique que « Dieu peut diversifier les lois de

la nature. »⁸⁰² Il faudra donc envisager de réfuter ou de nuancer ce propos, car les tenants des lois de l'univers ne réfutent pas tous le rôle joué par un certain hasard.

Debru et Schoffeniels font valoir des lois de la matière :

Claude Debru s'appuie sur la science de la chimie pour remettre en cause la notion de hasard essentiel et met en garde contre le fait qu'on risque de ne baptiser hasard que notre ignorance des causes. Il va jusqu'à dire que la pensée de Monod devient entièrement paralogistique lorsqu'il introduit la notion de hasard. Cette notion, précise-t-il, est introduite de plusieurs manières et pour qualifier plusieurs situations. Monod l'utilise d'abord pour décrire la séquence des acides aminés dans un polypeptide. En effet, dit Monod,⁸⁰³ « connaissant exactement l'ordre des cent-quatre-vingt-dix-neuf résidus dans une protéine qui en contient deux cents, il est impossible de formuler aucune règle, théorique ou empirique, qui permettrait de prévoir la nature du seul résidu non encore identifié par l'analyse ». On aurait pu penser que cette impossibilité restait d'ordre pratique ; or, il n'en est rien. « Cette impossibilité pour Monod, fait remarquer Claude Debru n'est pas une impossibilité pratique mais une impossibilité de principe. » « On peut comprendre qu'un biologiste français, poursuit-il, formé à l'école de la génétique physiologique, intéressé fondamentalement par la jointure de la génétique et de la physiologie, s'émerveille qu'un hasard primitif, essentiel, génétique soit reproduit, conservé, et converti en nécessité physiologique. Mais il n'y a pas de notion plus rétrograde du point de vue de la chimie physique, discipline que Monod ne maîtrisait pas. La lecture de Schoffeniels nous permet de comprendre ce point : il démontre en effet que la structure la plus probable pour un dipeptide libre est un cycle fermé par une liaison hydrogène. »⁸⁰⁴ « Une conséquence importante de ces observations, en déduit Schoffeniels, est que, dans un mélange d'acides aminés, un polypeptide ne s'associera pas « au hasard » avec n'importe quel acide aminé. Le « choix » sera directement influencé par des complémentarités ou des incompatibilités de structure moléculaire. » En d'autres termes, le polypeptide peut reconnaître les acides aminés qu'il rencontre au hasard.⁸⁰⁵ L'expérience montre que les acides aminés d'un mélange ne s'associent pas au hasard. De même, l'adjonction d'un résidu à une séquence existante ne se fera pas entièrement par hasard. Certains résidus en seront exclus pour des raisons stéréochimiques. C'est ainsi que la séquence assemblée au hasard est une notion gratuite. Schoffeniels propose alors que le hasard appelé tel par Monod, réside dans les fluctuations aléatoires dans un système soumis à un flux d'énergie. La théorie des structures dissipatives de Prigogine présente à ses yeux une solution

⁸⁰² I. Newton, (1955), p. 491-492.

⁸⁰³ J. Monod, p. 110.

⁸⁰⁴ C. Debru, *L'esprit des protéines* (1983) p. 275-276.

⁸⁰⁵ E. Schoffeniels, *L'anti-hasard*, Bordas, (1973) p. 21.

tout à fait recevable : « Cette théorie fort séduisante nous permet d'affirmer que la production des structures dissipatives est le résultat de l'amplification par synergie des fluctuations qui apparaissent dans un système soumis à un flux d'énergie. Il est alors tentant de considérer que ces fluctuations représentent l'aspect aléatoire du phénomène et qu'elles correspondraient au hasard, cher à Monod. »⁸⁰⁶ Cependant, c'est en cela précisément que Schoffeniels conteste encore l'appel au hasard ; il fait en effet remarquer immédiatement après et conclut son étude sur ce chapitre là-dessus : « Mais puisque ces fluctuations sont reproductibles, étant dans un système donné, elles aboutissent à la production des mêmes instabilités. Est-il encore permis de qualifier le phénomène d'aléatoire ? »⁸⁰⁷ Venant à l'appui d'une telle conclusion, comment ne pas évoquer la justesse et certainement le bien-fondé de cette assertion de Raymond Ruyer : « Le hasard ne peut rendre compte de « l'anti-hasard » qui revêt une force logique et épistémologique importante. » N'est-elle pas aussi ontologiquement éclairante ?

De plus, en ce qui concerne le hasard essentiel qui réside en la rencontre d'une mutation de l'ADN et l'effet fonctionnel, peut-on vraiment dire qu'il y ait indépendance totale entre les deux, sachant d'une part que chaque protéine est « dictée », selon le terme même de Monod, par un gène, et que d'autre part, dans le libellé même, Monod parle de « conséquence » et d'« effet » là où il soutient la rencontre de deux séries indépendantes ? On ne peut pas ensuite ne pas soutenir que finalement le marteau ne soit en rien la cause de la tête fracassée du docteur. Certes, la cause de la mutation de l'ADN, rayon X par exemple, n'est en rien la cause directe de la protéine ; mais n'en est-elle pas cependant la cause indirecte, par transitivité, par effet de réaction en chaîne, car le gène muté agit directement sur la protéine et par conséquent sur ses effets ? Le hasard essentiel résiderait plutôt, semble-t-il, davantage dans la survenue inopinée du rayon X, que dans la rencontre du gène muté et de la protéine. Certes, entre les décisions de M. Durand et M. Dupont, il y a indépendance totale et si leur rencontre interfère, c'est pur hasard, mais entre la séquence d'ADN et les effets fonctionnels des protéines, il y a dès le départ dépendance de la structure de la protéine par rapport au gène qui la code et l'exprime. Ce qui fait que la problématique, à première vue, ne semble pas la même.

Étienne Gilson, Francesca Merlin, Michel Morange, et Jérôme Lejeune font valoir des lois du vivant.

Gilson fait remarquer qu'Empédocle (mais il se pourrait bien s'agir de Démocrite aussi) et, en un sens aussi Monod, « néglige le fait que les êtres vivants ne sont pas des produits du hasard : ils proviennent de semences douées de propriétés formatives définies dont les produits sont eux-mêmes déterminés. En outre, il ne faut pas oublier que, dans toutes les

⁸⁰⁶ E. Schoffeniels, (1973) p. 31.

⁸⁰⁷ E. Schoffeniels, *L'anti-hasard*. Chapitre « Thermodynamique et ordre biologique. »

espèces, les parents préexistent aux enfants et prédéterminent leur développement futur. Les parents ne sont pas des principes abstraits, mais des êtres réels. L'homme n'est pas engendré par le « hasard », ou par « une rencontre accidentelle », mais par un homme. »⁸⁰⁸ Cependant, saint Thomas d'Aquin ne rapporte-t-il pas cet exemple à « une cause accidentellement ordonnée » ? En ce sens, l'analyse philosophique de Monod pourrait s'en faire l'écho.

Pour Monod, quand bien même la finalité ou téléonomie existerait bien chez les êtres vivants, (ce qui reste à démontrer car finalement elle n'est que provisoirement patente), elle procéderait de mutations intervenues de façon purement aléatoire. Cependant, comme le souligne Michel Morange, Monod « insiste sur le hasard, mais ne dit rien de la précision et de la régularité des lois physiques. »⁸⁰⁹ Et quand bien même il envisagerait le monde régi par les lois nécessaires et objectives, il ne questionne pas la cause à l'origine de la permanence de ces lois, et plus fondamentalement encore, la cause de leur possibilité. On est, en effet, en droit de se demander pourquoi il y a des lois de la nature. Comme le souligne Swinburne, « si les lois de la physique n'entraînaient pas de tels arrangements chimiques donnant naissance à la vie, ainsi que des variations aléatoires chez les descendants par rapport aux caractères des parents, et ainsi de suite, il n'y aurait pas d'évolution par sélection naturelle. Ainsi, étant admis qu'il y a des lois de la nature (à savoir que les objets matériels ont les uns et les autres les mêmes propriétés et les mêmes dispositions), pourquoi précisément ces lois ? »⁸¹⁰

Toujours à propos de la formation d'une séquence de polypeptide, Francesca Merlin note que, dans la célèbre hypothèse de Monod sur la suite imprédictible des radicaux d'acides aminés constituant les séquences polypeptidiques réside « une idée très proche de la notion de hasard en tant qu'incompressibilité »⁸¹¹, au sens de Kolmogorov ; celui-ci met en effet en évidence le nombre oméga, nombre incompressible et donc complexe, en révélant que le contenu en information caractérisant un objet est donné par la taille du programme (mesurée en bits) permettant de construire cet objet. Or, Francesca Merlin s'étonne que Monod ne fasse aucune référence à cette notion de hasard introduite indépendamment par Solomonov, Kolmogorov et Chaitin dans les années 1960, alors qu'au moment de la publication de *HN* la théorie de la complexité algorithmique avait déjà vu le jour. Elle fait remarquer que cette « idée qu'il introduit en ce qui concerne les séquences polypeptidiques des protéines, qu'il considère comme indéchiffrables, correspond à la notion d'incompressibilité (d'une suite) selon laquelle une suite est aléatoire si le programme minimal pour la générer est approximativement aussi long que la suite même. (...) Dans ce passage, si Monod souligne que la notion de hasard

⁸⁰⁸ E. Gilson (2009), p.18.

⁸⁰⁹ M. Morange, (2010) éd. Kimè p. 152.

⁸¹⁰ R. Swinburne, (2009) p. 63.

⁸¹¹ F. Merlin, (2009) p. 105.

désigne une propriété des séquences elles-mêmes, leur imprédictibilité, qui n'est pas due à notre ignorance car trouvant son origine dans le défaut propre à ces séquences de toute règle, en revanche, à aucun moment il n'oppose de manière explicite une telle conception du hasard au caractère fondamentalement déterministe des processus biochimiques pouvant être à l'origine de ces séquences. »⁸¹² Cependant le signalement du caractère incompressible d'une suite ne revient pas à la reconnaissance d'une composition au hasard de cette dernière. Jérôme Lejeune insiste également sur ce caractère précisément déterministe des processus biochimiques sur ce cas précis cité par Monod : « En science, dit ce généticien, s'il n'y a aucun moyen de prévoir un phénomène, on dit qu'il est dû au hasard. Par exemple connaissant 99 des acides aminés d'une protéine, on ne peut prévoir, par un modèle mathématique, quel est le 100^{ème} que l'on ne reconnaît pas encore. Monsieur Monod dit alors que les acides aminés d'une protéine sont enchaînés au hasard. Mais cet emploi du mot hasard est un désordre de l'esprit très profond. Prenons un exemple de nombre : le rapport de la longueur du cercle à son diamètre. Connaissant les 10 premières décimales, personne ne peut prévoir la suivante ; il faut la calculer. Or, quel mathématicien croirait que le nombre exact est réellement formé de chiffres choisis au hasard ! »⁸¹³

Alfred Kastler, René Thom, James Jeans, David Ruelle, Benoît Mandelbrot, Leonid Levin font mention de lois mathématiques dans l'univers :

Alfred Kastler raisonne sur l'affirmation de Monod de l'improbabilité de la vie et en tire la contre-argumentation suivante par rapport à la thèse sur le hasard : « Si l'avènement de la vie est si hautement improbable que la chance pour qu'il se manifeste ailleurs dans l'univers est nulle, la chance est également nulle pour qu'elle se soit produite sur notre planète. Autrement dit, il n'y a aucun espoir d'expliquer l'avènement de la vie et son évolution par le jeu des seules forces du hasard. D'autres forces sont à l'œuvre. »⁸¹⁴ Il rejoint en cela la loi de Borel affirmant que quelque chose de hautement improbable ne se réalise jamais.⁸¹⁵ Le hasard serait simplement apparent, là où des irrégularités apparaissent en surface, ou à courte vue. Sur des périodes de fréquence ou de temps assez longues, avec la prise en compte des résultats statistiques, des régularités apparaissent. C'est en ce sens que dans *La plus belle Histoire du monde* d'Hubert Reeves, Yves Coppens confie : « Pour ma part, je ne crois ni à la contingence ni au hasard qui ne semblent apparaître que lorsqu'on étudie une très courte période. »

René Thom, auteur de la théorie des catastrophes, pense que ce sont les structures mathématiques qui ordonnent les phénomènes physiques. Dans *La querelle du déterminisme*,

⁸¹² F. Merlin, (2009), p. 106.

⁸¹³ J. Lejeune, (1985) Conférence *La foi dans la science*, Téqui, p. 2.

⁸¹⁴ A. Kastler, *Cette étrange matière*, Stock, (1979) p. 257.

⁸¹⁵ Borel, *Les probabilités et la vie*. Que sais-je ?

il s'insurge contre cette façon à la fois à la fois antiscientifique et métaphysiquement athée de voir du hasard partout. Il se livre à l'inventaire de nombreuses ressources culturelles françaises, pour y dégager un courant valorisant l'aléatoire : « Ce qu'on pourrait appeler l'épistémologie populaire française nous a gratifiés, ces dernières années, d'un certain nombre d'ouvrages dont certains ont atteint une grande célébrité ; je citerai : *Le Hasard et la Nécessité*, de Jacques Monod, *La Méthode*, d'Edgard Morin, *Entre le cristal et la fumée*, d'Henri Atlan, et *La Nouvelle Alliance*, d'Ilya Prigogine et Isabelle Stengers. Les philosophies sous-jacentes à ces diverses œuvres sont diverses, parfois même opposées. Mais, assez curieusement, elles ont toutes un trait commun, à savoir : toutes glorifient outrageusement le hasard, le bruit, la « fluctuation » ; toutes rendent l'aléatoire responsable, soit de l'organisation du monde (*via* les structures dissipatives selon Prigogine), soit de l'émergence de la vie et de la pensée sur terre (*via* la synthèse et les mutations accidentelles de l'ADN, selon Monod). Et l'ami Michel Serres n'est pas en reste, lui qui, dans sa *Naissance de la physique*, s'est fait le thuriféraire passionné du clinamen de Lucrèce... Je voudrais dire d'emblée que cette fascination de l'aléatoire témoigne d'une attitude antiscientifique par excellence. De plus, dans une large mesure, elle procède d'un certain confusionnisme mental, excusable chez les auteurs à formation littéraire, mais difficilement pardonnable chez des savants en principe rompus aux rigueurs de la rationalité scientifique. »⁸¹⁶

Cette recension effectuée, il cherche à définir cet aléatoire si prisé : « Qu'est-ce en effet que l'aléatoire ? On ne peut en donner une définition que purement négative : est aléatoire un processus qui ne peut être simulé par aucun mécanisme, ni décrit par aucun formalisme. » Sur ce point, Miller fait intervenir une distinction très importante, qui devrait, nous semble-t-il, être très sérieusement prise en compte, entre aléatoire et indéterminé : « Les phénomènes à l'échelle atomique sont indéterminés, précise-t-il, mais non aléatoires : ils obéissent à des modèles statistiques intelligibles. »⁸¹⁷

René Thom soulève également un point très important en soulignant que la thèse de l'évolution au hasard est une thèse métaphysique, et non scientifique, comme l'affirme Monod. « Affirmer que le « hasard existe », soutient-il, c'est donc prendre cette position ontologique qui consiste à affirmer qu'il y a des phénomènes naturels que nous ne pourrons jamais décrire ni comprendre. C'est renouveler le célèbre *Ignorabimus* de du Bois-Reymond, c'est ressusciter la vague d'irrationalisme et d'anti scientisme des années 1880-1890, celle des

⁸¹⁶ R. Thom, *Halte au hasard silence au bruit dans La querelle du déterminisme*, le débat, Gallimard (1990) pp. 61-62.

⁸¹⁷ K. Miller, (2009) p. 266.

apôtres de la « crise de la science » : les Boutroux, les Le Roy... Le monde est-il astreint à un déterminisme rigoureux, ou y a-t-il un « hasard » irréductible à toute description ? »

Il poursuit cette analyse en insistant sur le fait que le problème se pose en termes métaphysiques et non pas en termes scientifiques, en posant le postulat de connaissance absolue de l'univers par la science, et s'étonne de voir Monod se ranger sous la bannière de ceux qui hypostasient le hasard : « Ainsi posé, évidemment, le problème est de nature métaphysique et seule une option également métaphysique est en mesure de le trancher. En tant que philosophe, le savant peut laisser la question ouverte ; mais en tant que savant, c'est pour lui une obligation de postuler que rien, dans la nature, n'est inconnaissable *a priori*. Que des auteurs comme Atlan, Prigogine, dont la philosophie est fondamentalement antiréductionniste - voire, pour le premier, mystique - aient adopté ce point de vue de l'hypostase du hasard n'est pas pour surprendre ; on sera plus étonné d'y trouver le matérialiste Jacques Monod ; mais Monod, en cette matière, n'a fait que suivre, sinon Darwin lui-même, du moins l'orthodoxie darwinienne (renforcée en néo-darwinisme). À cet égard, il est probablement légitime de dire qu'avec le darwinisme s'est introduite en science l'utilisation illégitime du hasard, ce hasard qu'on avait cru définitivement enseveli sous les quolibets qui avaient salé le clinamen démocritéen. »

L'appel au hasard est pour René Thom, par conséquent, une façon métaphysique de nommer un principe transcendant qui ne soit pas le créateur : « Car au fond, fait-il remarquer en conclusion, en quoi l'appel au hasard pour expliquer l'évolution serait-il plus scientifique que l'appel à la volonté du Créateur ? Le Hasard serait-il autre chose qu'un substitut laïque de la finalité divine, comme la téléonomie est un substitut avouable de la téléologie ? »⁸¹⁸ En fait, ne sont scientifiques ni l'appel au hasard comme principe créateur ni l'appel à la volonté et à l'intelligence d'un Créateur : les deux positions sont métaphysiques.

René Thom n'est pas le seul à adopter cette position. Il s'inscrit dans une longue tradition de nombreux scientifiques qui pensent encore depuis Galilée que la nature est bien écrite en langage mathématique et que le hasard, s'il existe, est, d'une certaine manière, comme programmé. Dans les équations de Lorenz, le déterminisme existe, mais il est inaccessible et les phénomènes que nous attribuons au hasard ne sont que la mesure de notre ignorance des conditions initiales qui déterminent ces phénomènes. Poincaré, de son côté, s'inscrivait encore en 1912, dans la vision de Laplace : « Si nous connaissions les lois de la nature et la situation de l'univers à l'instant initial, nous pourrions prédire exactement la situation de ce même

⁸¹⁸ R. Thom, (1990) p. 95.

univers à un instant ultérieur. »⁸¹⁹ Les phénomènes chaotiques eux-mêmes obéissent à des lois. Les attracteurs étranges de David Ruelle, représentant l'espace des phases qui matérialise à chaque instant sous la forme d'un point toutes les variables du système, font que l'on obtient une figure qui ressemble souvent à un papillon : figure qui révèle un ordre, une structure, un équilibre géométrique qui ne doit rien au hasard. De même, dans la figure « fractale », Mandelbrot fait remarquer que l'on obtient toujours la même structure, quelle que soit l'échelle d'observation du graphisme, et que celle-ci obéit à une loi mathématique. À l'échelle des particules, encore plus infimes que la détermination quantique, nous trouvons, selon ce que disait dès 1929, le physicien James Jeans que la « matière n'est plus qu'une immense pensée. »⁸²⁰ Pour Leonid Levin également, né en 1948, les informations du monde physique ont pour source un monde abstrait d'essence mathématique, avec des variables cachées, telles un nuage de nombres. Tous ces exemples rejoignent, *mutatis mutandis*, l'intuition de Leibniz qui, dès 1686, imaginait la possibilité mathématique de faire *a posteriori* l'algorithme d'un visage ou de toute autre ligne tracée au hasard : « Supposons par exemple que quelqu'un fasse quantité de points sur le papier à tout hasard (...). Je dis qu'il est possible de trouver une ligne géométrique dont la notion soit constante et uniforme suivant une certaine règle, en sorte que cette ligne passe par tous ces points, et dans le même ordre que la main les avait marqués. (...) Et il n'y a par exemple point de visage dont le contour ne fasse partie d'une ligne géométrique (...) Mais quand une règle est fort composée, ce qui lui est conforme, passe pour irrégulier. »⁸²¹ La différence avec l'imprévisibilité de l'histoire de la vie est que précisément celle-ci continue, alors que le tracé du visage sur un dessin est achevé.

Toutes ces lois de la matière, du vivant, de l'univers, Monod ne semble pas les interroger. Certes, il voit bien qu'il y a des lois en physique, par exemple, telle la loi de symétrie, qui lui sert de cadre de compréhension pour forger le modèle de « transition concertée » qu'est l'allostérie, mais plus généralement, il ne s'interroge ni sur la raison de leur permanence ou de leur impermanence ni sur la raison de leur existence. Bref, comme l'exprime avec un peu de rudesse, mais non sans justesse, sans doute, en ce sens, Madeleine Barthélémy-Madaule, « le principe universel du hasard, proclamé par Monod se situe sur le plan idéologique. Mais lorsqu'il l'invoque, il croit énoncer ce principe en fonction de la *théorie* scientifique. Le

⁸¹⁹ H. Poincaré, *Calcul des probabilités*, Gauthier Villars, p. 110.

⁸²⁰ J. Jeans, *The Universe around us*, Cambridge University Press, 1929.

⁸²¹ G.W. Leibniz, [1686], (2001), p. 211.

monisme du hasard est affirmé en réalité dogmatiquement et idéologiquement, mais en apparence sur le mode du savoir. »⁸²²

Cela dit, un certain fléchissement dans la pensée de Monod, à la fin de sa vie, apparaîtrait, qui donnerait au hasard une place plus modeste. Henri Buc signale en effet une évolution dans la pensée de Monod : selon lui, « dans *HN*, la relation entre évolution et apports de la biologie moléculaire est encore mal cadrée ; le hasard devient un fil d'Ariane menant de l'accident de la mutation à l'absurde de la condition humaine. Au contraire, dans les derniers écrits, les conférences à Oxford et à Zurich et la préface au livre de Mayr, *Populations, espèces et évolution*, on arrive à une proposition synthétique où le moléculaire, tel qu'il était appréhendé à l'époque, est positionné de façon claire, vis-à-vis des temps, magistralement exposés, de la théorie synthétique de l'évolution. Ces ébauches, pour incomplètes qu'elles soient, cantonnent le rôle du hasard et montrent l'intelligence que Monod avait acquise à la fin de sa vie en matière de darwinisme. En particulier y est présent une fine analyse de l'adaptation »,⁸²³ qui semble absente des premières réflexions de Monod, et que semble méconnaître F Jacob. Cela prouverait que la vision de Monod, qui accorde encore au hasard une place prédominante dans *HN* pourrait peu à peu s'estomper, pour lui laisser occuper, en définitive, une place plus modeste.

On pourrait arbitrer les positions en présence dans ce débat en s'appuyant sur la réflexion d'un contemporain, Edgar Morin, qui, sans négliger le rôle du hasard, reconnaît une potentialité organisatrice à la matière.

Edgar Morin⁸²⁴ réagit face à cette place très importante, voire essentielle donnée au hasard par la biologie moléculaire : « J'ai réagi très tôt aux thèses canoniques de la biologie moléculaire et à l'explication par le hasard de toute nouveauté évolutive. J'ai écrit que le hasard, toujours indispensable, n'est jamais seul et n'explique pas tout. Il faut qu'il y ait la rencontre entre l'aléa et une potentialité organisatrice. Donc, je ne réduis pas le nouveau au « bruit ». Il faut quelque chose, telle une potentialité réorganisatrice incluse dans l'auto-organisation qui reçoit l'événement aléatoire. » Il semble rejoindre tout à fait en cela la position de Michel Delsol qui souligne de son côté que « le hasard ne fait rien qui ne soit déjà en puissance dans la nature. »⁸²⁵

Il y a bien potentialité de la matière et aléa.

⁸²² M. Barthélémy-Madaule, (1972), p. 69.

⁸²³ H. Buc, (2010), p. 171.

⁸²⁴ E. Morin, (2005), p. 141.

⁸²⁵ M. Delsol, (2007) p. 125.

Ne pourrait-on pas faire une analogie, assez proche des centres d'intérêt de Monod, en soutenant que toutes les mélodies extraordinaires des plus fantastiques musiciens ne sont issues que des combinaisons, survenant, de façon inattendue, de la gamme comprenant sept notes ? Pour continuer l'analogie, on pourrait voir dans les conditions initiales de l'univers, une sorte d'accord parfait, que l'on pourrait rapprocher de l'état initial de « super-symétrie », état où selon la thèse de Landau, au degré zéro, l'entropie est nulle et l'information totale ; ce qui résoudrait, en partie le problème soulevé par Kaplan du passage de l'esprit créateur à la matière⁸²⁶ serait de considérer qu'au départ, l'univers ne contient pas de matière mais une information pure qui ensuite se diffracte en successions ultra-rapides et ordonnées de brisures de symétrie. En tout état de cause, Monod parle de la source de perturbations comme « liberté créatrice de l'évolution, grâce à ce conservatoire du hasard, sourd au bruit autant qu'à la musique »⁸²⁷ : ces termes sont employés avec un usage métaphorique certainement à dessein, car « sourd » a la même étymologie qu'« absurde » : sourd au bruit, c'est-à-dire aux perturbations, envers et contre tout, mais sourd aussi aux différentes « musiques de la biosphère »⁸²⁸ que sont les différentes « mélodies », interprétées par chaque système vivant. Cette surdité du hasard est-elle vue par Monod comme révoltante ou simplement factuelle ? On pourrait voir peut-être à propos de cette mention de la musique, et de la surdité du hasard à son endroit, comme l'expression d'un certain manque ressenti par Monod vis-à-vis de cet univers aléatoire qui ne comprend même pas la beauté et l'harmonie des œuvres humaines et qui n'en ressent rien ; quand on connaît toute la passion que Monod entretient avec l'univers de la musique, - il jouera en effet toute sa vie du violoncelle-, on peut y voir comme une forme de regret inavoué ou tout au moins un constat de solitude, amplement orchestré dans le dernier chapitre de *HN*. Toute la contribution philosophique et culturelle de Monod sera de viser à faire de l'homme le véritable musicien de l'univers, ce qui, d'une certaine façon, devient le fondement de toute sa philosophie : « L'univers, dira-t-il, sous le pseudonyme de Mc Gregor, n'est rempli que de bruits. L'homme, par choix, en compose, à son image, une musique dont il s'émerveille. »⁸²⁹ Il est sans doute, à regretter ici, soit dit en passant, qu'en cela, Monod ne se montre absolument pas sensible aux beautés de l'univers.

Cette analogie tentée avec la musique donne à interpréter les faits de façon à concilier hasard ou combinaisons contingentes et lois nécessaires. On peut soutenir sur le plan scientifique que les combinaisons des notes peuvent être interprétés comme des « perturbations » de la

⁸²⁶ F. Kaplan, *Entre Dieu et Darwin, le concept manquant*, (2009), sur « l'action de Dieu » p. 71-80.

⁸²⁷ J. Monod, (1970) p. 152.

⁸²⁸ J. Monod, (1970) p. 155.

⁸²⁹ J. Monod, (1967) fin de *La leçon inaugurale*.

gamme, tout comme le sont interprétées par Monod les mutations,⁸³⁰ sans pour autant altérer le jugement sur la beauté de ces combinaisons. Dans le cas de la musique, il y a un schème qui peut être transcrit mathématiquement, comme le suggérait Leibniz, et ce schème sort d'un cerveau humain. Monod s'était plu à traduire en 1939 avec son ami François Morin *Science et musique* de Sir James Jeans, qui écrivait dans sa préface : « Les lois des nombres régissent l'univers et toutes les activités humaines, sciences ou techniques. De tous les arts, c'est la musique qui est le plus directement soumise à ces lois. » Lois descriptives ici ou normatives ? Il est possible que de lois descriptives, on puisse dégager une certaine norme, valable pour un espace et un temps donné, sans que pour autant ces lois soient normatives absolument parlant. Dans ce dernier cas, du reste, il faudrait davantage parler de causes que de lois. Nous avons vu, à propos des lois physiques que précisément la prudence de nommer « loi » ce qui semble « cause », à première vue, est liée à cette réserve qui refuse de considérer la norme établie par la science comme irréfutable et intangible. Monod a bien conscience de cette distinction, lui à qui est revenu la responsabilité de préfacier *La logique de la découverte scientifique* de Popper. La norme ou le vrai n'advient que de façon sélective, après avoir réfuté les conjectures antérieures.⁸³¹ Les lois ne sont toujours que des « erreurs corrigées. »⁸³² Quoi qu'il en soit, s'il y a des lois, celles-ci sont toujours une approche de plus en plus juste du réel pour Monod, qui salue précisément l'approche réaliste de Popper, qui, par-delà les épistémologies du positivisme logique et l'école de Mach, « a su restituer et justifier en épistémologie l'attitude réaliste, [...] attitude dont cependant la théorie de la connaissance tendait, sans doute dangereusement, à s'écarter depuis plus d'un siècle. »⁸³³ Cela ne permet-il pas, sauf à nier tout hasard, d'ôter, tout au moins, un rôle exclusif dévolu à l'aléatoire et de restaurer la possibilité d'une organisation obéissant à des lois mathématiques probabilistes ? C'est ici que la distinction introduite par Miller entre indéterminé et aléatoire,⁸³⁴ déjà signalée paraît décisive. Plus radicalement encore, par analogie avec la cause humaine opérant selon des lois mathématiques, ne peut-on pas supposer une cause première régissant l'univers selon ces lois mathématiques dont elle serait l'origine ? Nous voyons bien ici que nous quittons le domaine de la science pour aborder une question d'ordre métaphysique, que Monod suggère peut-être ici, en prenant goût à traduire l'écrit de Jeans, sans toutefois la soulever expressément.

⁸³⁰ J. Monod, (1970), p.159.

⁸³¹ K. Popper, (1973), p. 4.

⁸³² K. Popper, (1973), p. 5.

⁸³³ K. Popper, (1973), p. 5.

⁸³⁴ D. Miller, (2009) p. 266.

Comment en définitive arbitrer ce débat ? Personne ne peut nier sérieusement une certaine part laissée au hasard dans l'évolution de la vie, procédant ensuite par sélection naturelle.

Mais si Monod a voulu dire que le hasard est le principe au fondement de tout ce qui existe, il en fait effectivement un substitut du principe créateur, voire le Principe créateur lui-même, et à ce titre, il est évident que cette option métaphysique rencontre bien des problèmes, compte tenu que l'ordre, la régularité dans la nature sont aussi présents : le nombre d'or en mathématiques, la masse des atomes, la loi de gravitation, bref, les quinze constantes cosmologiques les plus fréquemment décrites. C'est d'autant plus problématique que dans la notion de Créateur, il y a le fait de donner l'être et que cela le hasard ne le peut pas. Au contraire, il faut se demander si le hasard ne représente pas plutôt un « déficit ontologique », selon l'expression de Sentis pour qui « dire qu'un événement est le fait du hasard intrinsèque, c'est dire que le jeu des causes efficientes ne détermine que partiellement le mouvement corporel. Un autre mouvement aurait été possible et il n'y a pas à chercher la raison pour laquelle c'est ce mouvement qui a eu lieu et non pas un autre. »⁸³⁵ En effet, en tout état de cause, le hasard n'est pas une réalité qui pourrait jouer un rôle, le hasard n'a aucune efficacité par lui-même, comme le précise encore Sentis, qui fait remarquer, tout comme Delsol, que le hasard comme tel ne produit rien. Il est seulement l'occasion d'une nouvelle production.

Si, en revanche, Monod place le hasard comme un facteur déterminant d'évolution, sans lui accorder l'exclusivité, comme le laisse supposer une certaine évolution dans sa pensée, il en fait un facteur de conditionnement au même titre que d'autres conditions, et non la seule réalité absolue : dans ce cas, il laisse accessible le champ d'une métaphysique ouverte à la possibilité, voire à la plausibilité rationnelle de l'hypothèse d'un Créateur. Il n'y a aucun inconvénient à admettre le rôle du hasard dans tel ou tel domaine particulier du réel. Rien cependant ne permet d'en faire un principe métaphysique à l'origine du réel, vu que cela fait appel à une donation d'être qu'il ne peut opérer, agissant lorsque l'être est déjà là, comme un donné. Cela dit, il convient de faire observer que la perspective ouverte par Monod incite à penser, à nouveaux frais, une métaphysique théiste : l'activité d'un créateur, si créateur il y a, ne sera pas celle totalement déterminée, selon des plans prévus à l'avance, il y faut penser une réorientation possible, au cours du temps des causes matérielles, et efficientes par une nouvelle donne de causes finales, en voie, non seulement d'ajustement mais aussi de transformation. Plus que jamais, cette perspective ouvre à une création qui n'est pas donnée une fois pour toutes, mais qui se produit actuellement, et qui est en cours de nouvelle

⁸³⁵ Sentis, (2010), p.3.

réalisation, et non de simple effectuation, qui ne serait que le simple déroulement d'effets selon des causes pré-établies à l'avance.

De plus, il est certain que toutes ces lois physiques ne peuvent être, sur un plan métaphysique la "pensée de Dieu elle-même", comme le voulait l'astrophysicien Jeans. Ce serait encore une façon de réintégrer Dieu comme la somme des causes physiques, ce qu'il n'est pas, puisque, si Dieu est Dieu, Il les transcende. Ce serait prendre le risque d'un "concordisme ontologique" selon l'expression de D. Lambert, « selon lequel, en suivant le chemin qui mène les sciences vers la réalité naturelle, on est conduit à la réalité divine. »⁸³⁶ Or cette erreur conduit soit au panthéisme soit à la négation de Dieu car « si nous transformons Dieu en une réalité directement accessible à la science, nous le transformons en "une chose" ou en une "cause naturelle" et dès lors, on ne voit pas pourquoi il devrait recevoir un statut différent des autres « objets » du monde naturel. Ayant perdu sa transcendance, Dieu n'a plus sa raison d'être. »⁸³⁷ C'est sur cette confusion notamment entre causes naturelles et Cause des causes, qu'à partir de son étude sur *La brève histoire du temps*, Stephen Hawking, au terme de sa recherche, en vient à éliminer Dieu.

Cependant le hasard, comme seule source de nouveauté, de création n'est-il pas affirmé avec une assurance excessive ?

Plus fondamentalement encore est-il légitime d'attribuer au hasard une fonction créatrice ? Bref, le hasard peut-il être créateur ?

Tout d'abord, avec Madeleine Barthélémy-Madaule, nous mettons en évidence⁸³⁸ l'erreur contenue, tout au moins la confusion présente dans la phrase⁸³⁹ : « Il s'ensuit nécessairement que le hasard seul est à la source de toute nouveauté, de toute création dans la biosphère. », erreur qui attribue le fait de la création précisément au hasard. Cette assertion doit être mise en confrontation avec l'affirmation de la nécessité, avec l'observation suivant laquelle « la sélection opère *sur* les produits du hasard, mais « dans un domaine d'exigences rigoureuses dont le hasard est banni. C'est de ces exigences, et non du hasard, que l'évolution a tiré ses orientations généralement ascendantes, ses conquêtes successives, l'épanouissement ordonné dont elle semble donner l'image. »⁸⁴⁰ Madeleine Barthélémy-Madaule s'interroge sur le paradoxe que fait naître cette confrontation : « À quelques pages de distance, dit-elle, et même à plus, Monod ne saurait se contredire. Est-ce le hasard, est-ce la nécessité qui engendre le

⁸³⁶ D. Lambert, (1999), p. 75.

⁸³⁷ D. Lambert, (1999), p.75.

⁸³⁸ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 54.

⁸³⁹ J. Monod, (1970) p. 148.

⁸⁴⁰ J. Monod, (1970) p. 155.

plus complexe, soit le nouveau ? Qu'est-ce que les « orientations ascendantes » sinon le surgissement d'une complexité plus grande ? (Par mutations ?) Qu'est-ce que les « conquêtes successives », sinon les étapes d'une complexité croissante ? (Par mutations ?) Les « tous » cohérents, ces épanouissements de l'organisation sont le fait de la nécessité, de l'ordre, de la téléonomie. Ce sont eux les « créations ». Donc, le hasard seul n'est pas source de création ; il est source de nouveauté. Mais la nouveauté ne contribue à la création que parce qu'« elle est intégrée dans le projet. C'est par glissement du mot « nouveauté » au mot « création » que Monod a pu écrire ce paragraphe tout à fait excessif sur le hasard. Les deux formules ne sont pas contradictoires, mais, dans la première, il y a erreur, elle est produite par la mise en équivalence des deux termes énoncés, et elle tient dans un tout petit adjectif : ‘ ‘ seul ‘ ‘ ». »⁸⁴¹

Ces remarques, tout aussi importantes qu'elles soient, car elles mettent en évidence la part essentielle de nécessité dans la production du vivant, n'abordent cependant encore le problème que selon l'alternative hasard/nécessité. Et la discussion proprement métaphysique, bien que suggérée, n'est pas encore véritablement engagée.

Pour aller plus loin que cette remarque qui ne délimite peut-être pas encore de façon assez stricte le plan d'une théorie scientifique et le plan de la recherche métaphysique, il convient de remettre en cause purement et simplement le fait que cette notion de « création » puisse être intégrée dans une explication scientifique ; car si le terme de création reste conforme à sa définition métaphysique, il implique une relation de dépendance ontologique de toutes les productions existantes à l'égard d'un principe métaphysique créateur, comme le souligne de façon très claire Sertillanges tout au long de son ouvrage portant sur *L'idée de création*.⁸⁴² Se trouve introduit et exercé ici, pour l'établir, un autre type de visée rationnelle qui ne peut être exploitable scientifiquement car ce principe créateur, auteur de cette création ne sera jamais manipulable expérimentalement. Il est frappant de voir comment ce terme de "création" devient au XX^e siècle totalement dénué de son sens technique et proprement métaphysique, pour ne plus devenir seulement qu'un concept commode en biologie pour parler de l'apparition de nouvelles formes. Simpson, lui aussi, pourtant opposé à l'idée d'un Créateur, l'emploie volontiers en ce sens. Ce changement de vocabulaire représente la substitution d'une visée par une autre, sans référence à son origine sémantique, en raison, consciente ou inconsciente, d'une option métaphysique qui, finalement, en dévalue le sens exact, pour ne plus l'employer qu'en un sens dérivé, ou tout au moins, pour l'employer quasi analogiquement. Soit par option métaphysique, on refuse radicalement cette notion, soit tout en l'excluant en tant que telle de son champ de connaissance, on en emprunte, indûment ou non, l'usage. Toute

⁸⁴¹ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 54.

⁸⁴² A.D. Sertillanges, (1945), voir par exemple p. 59 et p. 71.

la question de l'interprétation des thèses métaphysiques de Monod peut se jouer ici, selon que l'on considère que cet emploi analogique est porteur ou non soit d'un matérialisme démocratéen soit d'un possible théisme. Cet usage s'est répandu certainement avec une extension d'autant plus rapide que paraît, en ce début de XX^e siècle, l'*Évolution créatrice* de Bergson, accréditant cette nouvelle conception. Or, nous voyons ici que l'imprévisibilité des formes que conçoit Bergson au fil du temps a quelque chose à voir avec les vues de Monod. La métaphysique pourrait dès lors envisager, en effet, une sorte de co-création qui n'oblitérerait en rien le rôle co-créateur des causes appelées "secondes", en métaphysique théiste. Si bien que sans être complète, l'usage n'en serait pas nécessairement complètement illégitime. Ainsi, à la décharge de Monod concernant le hasard « source de toute nouveauté », « de toute création », il se trouve qu'effectivement ces mots sont devenus quasi synonymes pour lui. Il emploie ce terme de façon récurrente. Il parle, par exemple, aussi bien de la fonction de simulation chez l'homme, dont il traite au ch. 8, qui est dite « fonction créatrice »⁸⁴³ ; ou encore de « l'homme "créateur" et dépositaire de la transcendance. »⁸⁴⁴ Or, si Monod voulait se référer à la notion de création dans son sens métaphysique et théologique, il ne pouvait pas dire que le hasard est créateur car pour qu'il y ait déjà le hasard, il faudrait penser que l'être de ce qui existe soit déjà là, comme un donné.

Il est intéressant de réfléchir, à ce sujet, à partir d'une perspective métaphysique qui pense l'articulation entre créateur et hasard, - étonnamment moderne, en ce sens-, qui se trouve être présente, dès la période médiévale, exposée par le philosophe et théologien saint Thomas d'Aquin. Celui-ci donne effectivement des clés métaphysiques, en dépit d'une perspective scientifique évidemment dépassée, en attribuant lui aussi une place au hasard dans le domaine de la nature, permettant de penser une relation viable entre le hasard et le Créateur. Cette pensée apparaît originale, vis-à-vis de toutes les philosophies qui posent l'affirmation de la nécessité et la négation de tout hasard pour penser Dieu. C'est pourquoi il est possible, nous semble-t-il, en entrant dans cette perspective, de ne pas rejeter, loin s'en faut, d'une certaine manière, sur un plan métaphysique, l'élément apporté par la conception scientifique du hasard affirmée par Monod. Il ne faut pas nier le hasard, qui, posé en tant que tel, peut être lui aussi tout à fait intégré dans une analyse métaphysique, en tant que relatif à la première Cause. Le hasard vu comme « cause accidentelle », comme la nommait déjà Aristote, peut faire partie, à part entière, du projet d'un Créateur mais n'a pas vocation à se substituer à Lui. Pour saint Thomas d'Aquin, Dieu veut que certaines choses se produisent de façon nécessaire et que d'autres soient contingentes. La question 22 de la *Somme théologique*, à l'article 4, à propos de

⁸⁴³J. Monod, (1970), p.195.

⁸⁴⁴J. Monod, (1970), p. 222.

savoir si la providence divine impose la nécessité aux choses qui lui sont soumises énonce ceci : « L'effet de la providence divine n'est pas uniquement qu'une chose arrive d'une façon quelconque, mais qu'elle arrive, selon le cas, soit nécessairement, soit d'une manière contingente. Et c'est pourquoi un événement arrive infailliblement et nécessairement lorsque la providence divine a ordonné qu'il arrive ainsi ; et il arrive de façon contingente lorsque le plan de la providence divine a réglé qu'il arriverait ainsi. »⁸⁴⁵ La contingence est connue et voulue par le Créateur. En effet, comme l'exprime Sentis, « affirmer la contingence de cette nature matérielle, c'est rendre concevable une prise en charge de notre corps par une liberté. Ce qui ne paraît pas jouable serait de faire du hasard le principe et la cause première. »⁸⁴⁶ La question 103 de la *Somme théologique* dans la solution de l'article 5 conclut : « En toutes ces réalités, le hasard a sa place ; non pas que tout ce qui se fait en elles soit fortuit, mais en chacune d'elles, il peut se trouver un effet du hasard. Et cela même que le hasard ait sa place dans ses réalités, montre qu'elles sont soumises au gouvernement de quelqu'un. Car, si les choses corruptibles n'étaient pas gouvernées par un être supérieur, elles ne tendraient vers rien, surtout celles qui sont dépourvues de connaissance ; et ainsi, il n'arriverait en elles rien qui ne soit étranger à une intention volontaire, ce qui définit le hasard. Aussi, pour montrer que les événements fortuits se produisent conformément à l'ordination d'une cause supérieure, l'auteur de l'Écclésiaste ne prétend pas voir le hasard partout, mais il parle du « temps de malchance » pour faire entendre que, dans une certaine période de temps, des défaillances fortuites se produisent dans les choses. » Cependant, radicalement, le hasard n'échappe pas au gouvernement divin. La solution 2 de l'article 7 conclut en effet en ce sens : « On dit que, dans la réalité, certains événements sont fortuits parce qu'ils se produisent en dehors de l'ordre de certaines causalités particulières. Mais, en ce qui concerne la divine providence, « rien dans le monde ne se fait au hasard », écrit saint Augustin. »⁸⁴⁷ La petite note qui suit, des éditions du Cerf, est éclairante : « " Rien en ce monde ne se fait au hasard", cela ne veut pas dire que toute rencontre entre des lignes de causalité particulière indépendantes les unes des autres soit voulue pour elle-même par Dieu, encore que cela, certes, soit possible, et relève de la " Providence spéciale". Il suffit qu'elle le soit comme conséquence du jeu naturel des causes qui est un bien en lui-même, quoique particulier, et cela relève de la " Providence générale" ; mais il y a encore Providence spéciale lorsque l'effet éternellement prévu mais naturel de la rencontre est utilisé par Dieu pour tel bien particulier expressément voulu en lui-même. C'est ainsi que "tout concourt au bien de ceux qui aiment Dieu" 'et que, d'une manière générale, les

⁸⁴⁵ Saint Thomas d'Aquin, *Somme Théologique*, (1984), p. 32.

⁸⁴⁶ L. Sentis, (2010) Conférence sur « Idéologie du hasard et foi chrétienne », p. 2. en ligne.

⁸⁴⁷ Saint Thomas renvoie pour cette citation de saint Augustin à *Quaest.* q. 24.

créatures spirituelles et libres sont gouvernées pour elles-mêmes parce que capables d'atteindre personnellement le Bien universel ; c'est en elles que se réalise la fin de la création. »⁸⁴⁸

Pour la métaphysique théiste, le créateur désigne l'être qui est à la source de tout ce qui existe. La conception scientifique faisant état de phénomènes dus au hasard est totalement à prendre en compte dans cette perspective. Cependant la solution métaphysique qui consiste à dire que tout ce qui existe est le fruit du hasard ne considère pas la question même qui s'interroge sur le fait que tout cela existe. Dans une perspective théiste, Dieu est précisément celui qui donne l'être à tout ce qui existe. Comme l'exprime Sertillanges, « la création, c'est l'être même des créatures en tant que dépendant de Dieu. »⁸⁴⁹ Celui-ci reprend la définition de saint Thomas pour qui, « la création n'est pas un changement mais elle est la dépendance même de l'être créé à l'égard du principe qui l'établit. »⁸⁵⁰ Cette relation de dépendance de l'être des créatures au créateur est une relation de réception de l'être, directe et immédiate de la part de ce créateur et son Verbe « en qui tout subsiste »⁸⁵¹ et qui donne à tout vivant, « la vie, le mouvement et l'être »⁸⁵², pour reprendre des expressions bibliques très caractéristiques. Ainsi l'être créé n'est pas assujéti à Lui, au sens où elle lui serait asservie, mais il se voit offert, par Lui, la possibilité d'exister, d'entrer en existence. La création étant consistante dès lors, en elle-même, possède, de ce fait, une véritable autonomie. Le texte biblique la voit comme une bénédiction de la part de son créateur qui la pose dans l'être ; celle-ci se développe aussi, précisément, en vue de plus en plus d'autonomie, pour que les vivants bénéficient de cette existence et que cela puisse aboutir, en ceux qui en prennent conscience, à la joie de la gratitude. Comme s'exclame Hildegarde de Bingen : « Comment saurait-on que Dieu est la vie, sinon par le vivant [per vitelia] qui le glorifie, puisque en le louant, il procède de Lui. »⁸⁵³

Dans cette perspective toujours, on pourrait affirmer, avec Alexandre Ganoczy, que « l'évolution biologique est "portée" par la vitalité infinie de Dieu. »⁸⁵⁴ C'est pourquoi, on pourrait aller jusqu'à soutenir que ce hasard créateur, envisagé par Monod, serait une sorte d'analogie, bien imparfaite certes, comme le sont toutes les analogies, mais assez parlante cependant, pour rendre compte de cette création qui continue de s'effectuer, en laissant place à l'imprévisibilité. Cela est d'autant plus crédible que la seule fois où Monod parle de

⁸⁴⁸ Saint Thomas d'Aquin, *Somme théologique*, note de bas de page p. 847.

⁸⁴⁹ Sertillanges, (1945), p. 56.

⁸⁵⁰ Saint Thomas, *Somme contre les gentils*, (1999) II, 18, 2, p. 108 ; et *Somme théologique*, (1984), Q. 45, art. 3, p. 475.

⁸⁵¹ Bible de Jérusalem, (1975), *Lettre de saint Paul aux Colossiens*, I, 17, p. 1712.

⁸⁵² Bible de Jérusalem, (1975), *Actes des apôtres*, « Discours de Paul devant l'aréopage des grecs », 17, 28, p. 1622.

⁸⁵³ Hildegarde de Bingen, (1982), p. 83.

⁸⁵⁴ A. Ganoczy, (1995), p.172.

« création » à proprement parler, c'est au sujet de l'émergence évolutive. Il est intéressant, à cet égard, de rapprocher le paragraphe du chapitre 5 sur l'ontogenèse moléculaire qui énonce que la construction épigénétique d'une structure n'est pas une *création* mais une *révélation*,⁸⁵⁵ de la comparaison qu'en fait Monod avec l'émergence évolutive, « qui, grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, est créatrice de nouveauté *absolue*. » On pourrait soutenir ici que cette vue de Monod ne contredit absolument pas la notion métaphysique de création ; et que même, au contraire, elle pourrait l'illustrer, d'une certaine façon, selon l'interprétation métaphysique que l'on pourrait donner à cette émergence évolutive, définie par Monod. Alexandre Ganoczy cite, en ce sens, Eigen et Winkler qui, dans leur ouvrage, se montrent ouverts au dialogue avec Monod, à propos de ce « hasard créateur ».⁸⁵⁶ Ces auteurs vont jusqu'à une considération telle qu'ils feraient coïncider ce hasard de Monod avec la providence qui fait surgir la grâce, le don de Dieu. Comme le fait encore remarquer A. Ganoczy, « ce que la science identifie comme une mutation due au hasard ou à un phénomène déterminé, la théologie habituelle peut y voir une grâce "actuelle" ou une grâce "habituelle" sans que pour autant l'identité substantielle de l'événement s'en trouve défectueuse. »⁸⁵⁷ C'est à ce titre que la gratuité chez Monod, concept que nous avons contextualisé dans le cadre d'une philosophie de l'absurde, pourrait, en un autre sens, coïncider – ou tout au moins rencontrer, et dialoguer – avec l'usage de la grâce comme don gratuit, qu'en fait la théologie. Cela dit, comme l'énonce D. Lambert, « il faut être prudent face à ce genre de mélanges de niveaux de discours, car un Univers stochastique peut très bien n'avoir aucune signification théologique. »⁸⁵⁸ Son propos, comme le précise celui-ci, « n'est pas de nier la possibilité d'interprétations théologiques de "traces physiques". Il s'agit seulement de mettre en question la pertinence des transitions directes, esquivant les médiations, entre un langage concernant la réalité physique et un langage qui entend parler d'une réalité qui dépasse celle-ci sans la renier. »⁸⁵⁹ Il faut donc se méfier de ce que Dominique Lambert nomme un « concordisme épistémologique. »⁸⁶⁰

Ainsi donc, pour conclure, disons que Monod insiste, et en cela il a parfaitement méthodologiquement raison, sur la part de hasard comme un paramètre expliquant l'évolution des êtres vivants, hasard trié par la sélection naturelle. D'autre part, Monod est sensible au caractère inextricable de toutes les causes qui viennent interférer et qui fait d'un phénomène

⁸⁵⁵ J. Monod, (1970), p. 117.

⁸⁵⁶ M. Eigen et R. Winkler, (1985), p. 222.

⁸⁵⁷ A. Ganoczy, (1995), p. 266.

⁸⁵⁸ D. Lambert, (1999), p. 82.

⁸⁵⁹ D. Lambert, (1999), p. 82.

⁸⁶⁰ D. Lambert, (1999), p. 77.

un phénomène attribué au hasard. En cela, il rejoint une des intuitions d'Hildegarde de Bingen dont un trait original de la philosophie de la nature est l'insistance de celle-ci sur l'enchaînement inextricable de tous les éléments de la nature : « indissolubiter sibi concatenata sunt. ⁸⁶¹» Cependant si le hasard essentiel semble, en partie, se résorber en un hasard relevant d'un calcul de probabilités, Monod ne semble pas interroger la présence des lois de la nature et la raison de leur existence, qui pourraient l'inciter non pas à nier, mais tout au moins à minimiser le rôle de ce même hasard, comme il semble le faire dans certains de ses derniers écrits. Concluons donc sur le fait que le hasard est un concept philosophique rendant compte de la présence d'événements au caractère imprévisible et indéterminé, encadré scientifiquement selon des lois probabilistes.

Enfin, dernier point, de loin, le plus important, si Monod confère le rôle de créateur au hasard, il attribue une réalité métaphysique à un élément emprunté à la physique, ce qui occasionne une confusion des plans scientifique et métaphysique. Le hasard fait effectivement partie des éléments de la création mais ne peut, en aucun cas, se substituer au Créateur, au sens d'un donateur de l'existence des êtres qui existent.

Si, en revanche, par hasard créateur, Monod entend parler d'un hasard "créatif", au sens d'un hasard riche en inventivité, cette perspective mettrait l'accent, à juste titre, selon une façon analogique de parler, sur le caractère imprévisible de la création qui s'effectue sous nos yeux ; étant bien entendu que, si créateur il y a, celui-ci ne peut être, en aucun cas, observable expérimentalement comme un objet de science, n'étant pas le premier de la série des causes naturelles, mais les fondant et au principe de toutes ; cependant il peut-être supposé ou posé comme agent plausible, au terme d'une enquête métaphysique.

De plus, le fait que quelquefois ce hasard sorte des cadres prévisionnels prouverait ou attesterait une réelle autonomie des causes naturelles qui n'est pas incompatible, loin de là, avec l'hypothèse d'un Créateur puisque l'indétermination favoriserait le jeu des possibles et rendrait dès lors pensable, entre autres, la liberté des actes humains. Cela dit, cette façon de voir est, en un sens, risquée, comme le souligne D. Lambert. « D'un point de vue philosophique, dit-il, on pourrait faire remarquer qu'une liberté fondée sur l'indéterminisme quantique serait incohérente, car nous ne pourrions pas parler de liberté, dans ce cas, puisque nos choix par exemple ne seraient pas liés à nous en tant que sujets conscients, mais bien aux lois statistiques régissant les fluctuations quantiques. Ceci ne serait donc qu'une façon de réintroduire le déterminisme. »⁸⁶² D. Lambert voit cependant dans les états matériels et physiques une "condition" qui peuvent offrir à la liberté la possibilité de s'exercer. Il

⁸⁶¹ Hildegarde de Bingen, *Causae et Curae*, (1903), p. 39.

⁸⁶² D. Lambert, (1999), p. 81.

s'explique en ces termes : « Nous ne voulons pas dire que la physique ne puisse rien dire d'intéressant sur le problème de la liberté. Elle le peut assurément, en précisant des conditions matérielles nécessaires à l'exercice d'une liberté. Une liberté authentiquement métaphysique ne peut se déployer que s'il existe une série de conditions physiques la rendant possible. »⁸⁶³ Là encore, il ne faut pas confondre, sur un plan philosophique, cause et condition.

Abordons maintenant la prochaine notion, avec Albert Jacquard qui entend résumer ainsi en une phrase toute la pensée de Monod : « Il y a, dit-il, dans la pensée de Monod, soit le hasard, soit la nécessité et tout dépend d'eux. »⁸⁶⁴ Venons-en, par conséquent, à présent, à l'étude de la nécessité. Pour être encore plus précis, disons que Monod oppose très clairement deux mondes régis par l'un et par l'autre : celui du monde microphysique, qui est aussi celui des mutations dans le matériel génomique, où le hasard opère ; et celui, macroscopique, des organismes, où règne la nécessité. Cela dit, le macroscopique est le reflet et l'expression nécessaire de ce qui se passe au niveau microscopique, lui-même surgi sous l'effet du hasard.

2) La nécessité : exprimée dans l'émergence et la téléonomie.

La pensée de l'articulation des notions de hasard et de nécessité selon Monod se situe, en particulier, au ch. 7 de *HN*, traitant de l'évolution. On peut également se reporter, plus brièvement, à son résumé, donné en amont de cette étude ou plus brièvement encore, à la page synoptique qui lui est réservée, portée en annexe. Mais avant de penser cette articulation et de la discuter, analysons la nécessité, en ce qu'elle a d'incontestable, aux yeux de Monod. Car, d'une certaine manière, à un certain niveau d'analyse, le niveau macroscopique, en l'occurrence, Monod souscrirait à cette vue de Claude Bernard, pour qui la science met à jour le rapport absolu et nécessaire des choses, en ces termes : « Il faut croire à la science, c'est-à-dire- au déterminisme, au rapport absolu et nécessaire des choses. »⁸⁶⁵

La nécessité est au cœur des processus qui permettent la vie du vivant et son évolution. Comme Monod l'avait annoncé dès 1959, sa démarche consiste à démontrer que des phénomènes apparemment explicables de façon finaliste sont en fait purement et simplement nécessaires. « Le but, le principe étant la négation du finalisme, il fallait montrer que les structures apparemment finalistes n'étaient qu'un résultat d'interactions nécessaires. »⁸⁶⁶ C'est

⁸⁶³ D. Lambert, (1999), p. 81.

⁸⁶⁴ A. Jacquard, *Hasard et génétique des populations* in *Le hasard aujourd'hui*, Seuil, 1991.

⁸⁶⁵ Cl. Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Ire partie, ch. II, §3.

⁸⁶⁶ J. Monod, (1959) *Notebook* 1, p. 41-42, Archives de l'Institut Pasteur, fonds Monod.

faisant suite à cette indication, -qu'il est encore possible de considérer sur un plan purement méthodologique-, que l'on trouve la fameuse déclaration à la teneur, cette fois, métaphysique de « la vie [qui] est un hasard devenu nécessité. »⁸⁶⁷

La nécessité, tout comme la possibilité, est une notion visant soit une modalité du réel soit celle d'un discours : s'il s'agit d'un discours, celui-ci peut viser uniquement sa propre validité ; en cela, pour qu'un discours développe des propositions nécessaires, il faut et il suffit que les conclusions puissent être déduites des prémisses, et, dans ce cas, la référence à un réel existant n'est pas exigée. S'il s'agit de choses existantes vues comme nécessaires, dans ce cas, la nécessité est une modalité inscrite dans le réel lui-même, au sens l'on constate que si une cause est présente ou l'a été, l'effet est produit, ou s'ensuit, nécessairement. Ainsi, la nécessité est ce qui ne peut pas ne pas être, ou ce qui ne peut pas être autrement qu'il n'est. La modalité opposée à celle du nécessaire est la modalité du contingent, définissant ce qui peut être autrement qu'il n'est ou ce qui peut ne pas être ; et celle opposée à la possibilité, l'impossibilité. La nécessité exprime donc un certain mode, soit logique, et dans ce cas, le critère de validité lui est connexe ; soit ontologique, et dans ce cas, s'y trouve associé le mode du possible. La nécessité se définit, en effet, comme ce qui ne *peut* pas ne pas être, et par là, la nécessité peut viser la nécessité absolue d'un être nécessaire absolument ou tout aussi bien la nécessité absolue, sous le registre des faits, mais contingente, sous le registre métaphysique de l'existence même de ces faits, bref, une nécessité selon laquelle des choses qui sont effets de causes naturelles ne peuvent pas ne pas être ou avoir été : ce qui ouvre à toute une gamme de possibilités qui se sont réellement effectuées et réalisées dans le temps qui, précisément, permet le déploiement et le jeu des possibles. Il est clair que, pour Monod, il s'agit de mettre en œuvre cette dernière définition car, nous voyons que tout le cours de son exposé vise à ancrer la modalité de la nécessité dans tous les processus des phénomènes qui touchent à la formation et à l'évolution de la matière qui conduit au vivant. « Cette modalité est donc "aléthique", ou mieux encore, comme le précise J-P. Anfray, "ontique", en ce sens qu'elle a un rapport direct avec la vérité et la réalité. »⁸⁶⁸ Monod, en effet, considère comme réels les faits enclenchés par les processus de la matière, même si, avec l'apparition de la physique quantique, la conception de la matière est totalement renouvelée. En dépit des difficultés nouvelles à définir ce qu'elle est, cet ancrage reste posé, postulé méthodologiquement, à défaut peut-être d'être entièrement démontré, et sous réserve d'être réfuté, dans l'acte même qui consiste à postuler le principe d'objectivité. En effet, lorsque nous avons traité du postulat

⁸⁶⁷ J. Monod, (1959) *Notebook* 1, p. 41-42, Archives de l'Institut Pasteur, fonds Monod.

⁸⁶⁸ J-P. Anfray (2009), p. 21.

d'objectivité, nous avons interprété, en partie, le choix métaphysique sur lequel celui-ci repose, comme Monod le reconnaît, comme la reconnaissance ou l'affirmation métaphysique d'une croyance concernant l'ancrage de l'objectivité dans une réalité qui nous résiste, et dont l'existence est indéniable même s'il est très difficile de la saisir. En effet, Monod ne renonce pas à en affirmer l'existence, en dépit du fait que c'est toujours de façon très partielle que nous pouvons l'appréhender. Conformément à un des aspects ici que revêt l'exigence du postulat d'objectivité, c'est la reconnaissance qu'il y a bien quelque chose d'objectif, par conséquent quelque chose d'intelligible, qui ne change pas de façon incessante, et qui, si l'on se rapporte aux faits passés, ne peut plus être autrement qu'il n'a été, et qui se donne à voir et à étudier. Ici donc, selon le point de vue de la nécessité, réside encore un nouvel aspect de la fécondité du postulat de l'objectivité, car l'affirmation de la nécessité et des processus nécessaires en biologie ne va pas sans cette affirmation de la réalité. Par-là, Monod fait appel à une forme de réalisme, non pas un réalisme naïf mais passé par le crible de la critique. Monod s'inscrit dans ce courant pour qui « dès la fin du XIXe siècle, la nécessité absolue d'une épistémologie critique redevient évidente, comme condition même de l'objectivité de la connaissance. Ce ne sont plus désormais les seuls philosophes qui se livrent à cette critique, mais les hommes de science qui sont conduits à l'incorporer dans la trame théorique elle-même. C'est à cette condition que pouvaient se développer la théorie de la relativité et la mécanique quantique. »⁸⁶⁹ Il est sans doute possible de rattacher l'usage que Monod fait du concept de cause à la définition kantienne pour qui « ce concept exige absolument qu'une chose A soit telle qu'une autre B en dérive nécessairement et suivant une règle absolument universelle. »⁸⁷⁰ « Ainsi, validité objective et validité nécessaire universelle (pour chacun) sont des concepts interchangeables. »⁸⁷¹ Ce concept de cause, reconnu dans ce contexte épistémologique kantien, comme applicable en vertu du « principe de causalité, » qui est considéré comme *a priori*, offre dès lors une garantie de scientificité possible. S'il est vrai que la science porte sur la mesure des invariants au sein de ce qui varie ou qui est appelé à varier, et cherche à établir les relations déterminées de causes à effets, celle-ci impliquent, dans la perspective déterministe de Monod, de mieux définir, dès à présent, en quoi consiste leur nécessité.

Cette nécessité, ancrée dans la réalité de la matière, vue sous l'angle de l'objectivité, s'exerce selon un déroulement des différents états de la matière, au cours du temps. C'est pourquoi, lorsque Monod juge les faits, les interprète, lorsqu'il les étudie à titre de faits passés, il les juge naturellement comme irrévocables. En effet, selon son intuition de la nécessité passée, comme

⁸⁶⁹ J. Monod (1970), p.56.

⁸⁷⁰ Kant, *Critique de la raison pure*, (1980), p. 104.

⁸⁷¹ Kant, *Prolégomènes*, G 67.

selon la nôtre, « il n'y a rien qui puisse être fait maintenant qui puisse entraîner la fausseté des faits passés »⁸⁷², de l'évolution. On ne peut ni récuser ni modifier les phénomènes concernant l'objectivité des faits qui se sont réellement passés. « Mais, comme le fait remarquer J-P. Anfray, il ne s'agit pas d'une nécessité absolue, dans la mesure où il y eut un temps où le fait désigné », appartenant ici à l'histoire de l'évolution, « pouvait ne pas se produire ».⁸⁷³ Cette nécessité est donc toute relative, et va jusqu'à s'inscrire, comme l'indique notre auteur, sur fond de contingence. En effet, la contingence désigne proprement ce qui pourrait ne pas être, ou ce qui pourrait être autrement qu'il n'est. J-P Anfray, en conclut, sur un exemple traitant de faits historiques, que « nous avons à propos de ces faits une forme de nécessité temporellement variable. »⁸⁷⁴ On ne peut manquer de reconnaître que ce qui a eu lieu n'a eu lieu qu'une fois que cela a eu lieu. C'est pourquoi, il est aussi possible de reconnaître que cette chose pouvait ne pas avoir lieu, en dépit du fait qu'elle ait eu lieu. Parler de nécessité ici reste sans doute un peu équivoque, sauf à s'en tenir à la nécessité que reconnaît Aristote qui est celle qui consiste à reconnaître pour seule nécessité ici le fait qu'il est nécessaire que soit la chose ait lieu soit qu'elle n'ait pas lieu. C'est en cela la reconnaissance, traduite sur le plan logique, abstraite de ce que nous connaissons de la réalité, du principe de non-contradiction selon lequel une chose ne peut être et ne pas être, en même temps et sous le même rapport, énoncé déjà par Platon au livre IV de *La République*. « Nous n'en croirons pas davantage que la même chose puisse en même temps, dans la même partie d'elle-même et relativement au même objet, supporter, être, et faire des choses contraires. » traduit du grec : « ὄς ποτε τι ἀνὰ το αὐτο ὄν ἀνὰ κἀτα το αὐτο πρὸς το αὐτο ταναντία παθοῖ ἐ καὶ εἶ ἐ καὶ ποιεῖεν ».⁸⁷⁵ Principe de non-contradiction réaffirmé par Aristote en Γ, 6, appliqué à la sensation cette fois dans les termes suivants : « On peut répondre que les choses apparaissent bien avec des attributs contradictoires, mais non, du moins, au même sens, ni sous le même rapport, ni aux mêmes conditions, ni dans le même temps, toutes déterminations nécessaires à la vérité de la sensation. »⁸⁷⁶

Cela dit, à partir des effets à titre de reconstitution, en tâchant de restituer la chaîne des vivants passés, à partir de toutes les découvertes fossiles et des hypothèses les plus plausibles sur les voies de bifurcation empruntées par l'ensemble de vivants, la ressaisie des causes ne peut pas avoir son pendant si l'on se rapporte à l'étude des vivants à venir, contrairement au

⁸⁷² Jean-Pascal Anfray, (2009), p. 21.

⁸⁷³ J. P. Anfray, (2009), p.21

⁸⁷⁴ Jean-Pascal Anfray, (2009), p. 22.

⁸⁷⁵ Platon, (1949), *La République*, livre IV, 437a, p. 32.

⁸⁷⁶ Aristote, (1974), p. 232, 1011b, 30-35.

cadre d'un strict déterminisme laplacien, puisqu'ils se situent dans le domaine du possible et dont l'avènement est, en grande partie, pour ne pas dire, quasi totalement, imprévisible.

Le strict déterminisme laplacien qui s'exprime dès le premier fameux paragraphe introductif de Pierre-Simon Laplace à son *Essai philosophique sur les probabilités* n'est donc pas tenable en biologie, même si en physique, le cas se trouve encore discuté, dans une certaine mesure, jusques et y compris en 2017.⁸⁷⁷ Les propos de Laplace que nous rappelons ici ne peuvent donc s'y appliquer : « Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ses données à l'analyse, embrasserait dans une même formule les mouvements des plus grands de l'univers et ceux du plus léger atome ; rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le présent serait présent à ses yeux. »⁸⁷⁸ Ce n'est sans doute pas précisément sur le début de ce texte que porterait le lieu du litige avec la nouvelle biologie moléculaire car cette intelligence pourrait peut-être intégrer dans sa science les causes accidentelles qui constituent le hasard. Le litige porterait bien plutôt sur la suite immédiate du paragraphe, que Laplace considère comme un corollaire, à savoir la capacité pour l'esprit humain de se rapprocher de la perfection de cette intelligence, en se rendant capable de « prévoir les phénomènes que des circonstances données doivent faire éclore ». Le déterminisme laplacien est donc la thèse d'après laquelle tout ce qui arrive a toujours été nécessaire, s'il est vrai que les causes antérieures sont déterminées de manière telles qu'elles impliquent tels ou tels effets déterminés et donc complètement prévisibles pour les sciences que l'homme établit. Or c'est cela qui est totalement contesté par Monod car l'imprévisibilité, en biologie, est totale, et est rendue telle par le hasard qui, non seulement au vu de son caractère exceptionnel et « peu fréquent », selon un des sens aristotéliens de ce terme souligné précédemment, mais même peut-être plus encore, par son caractère absolument singulier, rend le cours de phénomènes totalement surprenant, inattendu, et absolument non déductible des phénomènes passés. Aussi, le déterminisme selon Monod se conjugue-t-il avec un indéterminisme lié à la présence de phénomènes dus au hasard, qui apparaissent eux-mêmes causes, sans cause intrinsèque préalable, qui les déterminent ; ou, peut être en raison d'une infinie et incalculable série de causes, qui les rendent indéterminables.

⁸⁷⁷ Voir, par exemple, le livre de Michel Gondran, écrit avec son fils Alexandre et publié en 2014 : « *Mécanique quantique : Et si Einstein et de Broglie avaient aussi raison ?* » qui livre une interprétation de la mécanique quantique qui réhabilite le réalisme (du temps et de l'espace) ainsi que le déterminisme.

⁸⁷⁸ P. S. Laplace, [1814], 1921, pp. 3-4.

La remarque de J-P Anfray qui consiste à dire que « la notion de nécessité est indispensable pour rendre compte tout autant du déterminisme que de l'indéterminisme »⁸⁷⁹ revêt donc ici toute son importance.

Pour le déterminisme strict, « tout événement est déterminé, ce qui signifie que l'existence de tout événement est nécessaire, étant donnés les lois de la nature et l'état de l'univers à un moment donné. »⁸⁸⁰ Nous voyons ici que la nécessité dont il est question est conditionnée par l'état des lois de la nature et l'état de l'univers ; et donc, en ce sens, on peut parler d'une nécessité conditionnelle chez Laplace, au sens où cette nécessité découle entièrement de conditions initiales. D'après l'indéterminisme au contraire, un événement qui ne s'est pas produit n'était pas pour autant impossible. »⁸⁸¹ Or, savoir si tel événement *devait* se produire ou non, tout autant qu'avoir la capacité d'envisager un événement comme possible et non réalisé, ne pourrait se faire sans la modalité de la nécessité.

Cette relativement longue analyse théorique nous a permis de mettre en place les perspectives suivant lesquelles peut s'inscrire l'étude de la nécessité dans le nouveau contexte de la biologie moléculaire. Considérons à présent les lieux où s'affirme pour Monod la nécessité ? Les lieux où, dans le domaine du vivant, s'exerce la nécessité, concernent l'organisme et l'évolution elle-même. Avant de dégager cette sorte de nécessité temporelle, liée au passé, que l'histoire biologique dans l'étude de la phylogénèse met en évidence, faisons apparaître, dans ce qui va suivre immédiatement, qu'existe aussi une nécessité temporelle liée à l'ontogenèse, qui concerne les processus de la machinerie de l'invariance et de la formation de l'être vivant en gestation.

Cette même nécessité temporelle peut s'appliquer également, dans cette perspective actuelle, au caractère indéniable et irrécusable de la présence d'une espèce tant qu'elle est cette espèce, caractère qui n'était cependant pas inéluctable. Attachons-nous donc à observer cette sorte de « nécessité temporelle », toute relative donc, car, ne l'oublions pas, ne s'appréhendant que sur fond de contingence. Avant donc de voir la nécessité au niveau phylogénétique, envisageons-la à présent au niveau ontogénétique.

1° Nécessité temporelle actuelle, au niveau de l'ontogenèse de l'ontogenèse.

Monod fait état, en effet, dans *HN* du caractère nécessaire de la réplication d'une part, et d'autre part, traite du caractère inéluctable de l'émergence embryonnaire.

⁸⁷⁹ J. P. Anfray, (2009), p. 10.

⁸⁸⁰ J. P. Anfray, (2009), p. 10.

⁸⁸¹ J. P. Anfray, (2009), p. 10.

Il s'agit bien ici d'une nécessité temporelle relative certes, mais qui peut apparaître aussi bien, en un sens, conditionnelle, au sens où si les conditions initiales sont réunies, le processus se déroule inmanquablement. Envisageons ici tant le processus de réplication, que celui de la traduction, se réalisant au cours de l'ontogenèse d'une protéine fonctionnelle, avant de mettre en évidence cette même nécessité qui rend prévisible le développement embryonnaire.

En ce qui concerne d'une part la réplication, la structure même des brins d'ADN l'exige. Notons qu'avant même la séparation en deux de ces brins et leur réplication, une première nécessité s'exerce qui "contraint" les atomes à s'associer entre eux. Il s'agit de la nécessité qui contraint, selon un déterminisme biochimique, l'association de A avec T et C avec G, selon les affinités physico-chimiques de ces molécules. Monod fait état de ce même état implacable de réplication, concernant la mutation elle-même. « Une fois inscrit dans la structure de l'ADN, l'accident singulier et comme tel essentiellement imprévisible va être mécaniquement et fidèlement répliqué et traduit, c'est-à-dire multiplié et transposé à des millions ou milliards d'exemplaires. Tiré du règne du pur hasard, il entre dans celui de la nécessité, des certitudes les plus implacables. »⁸⁸² Selon Monod, « le système répliatif, loin de pouvoir éliminer les perturbations microscopiques dont il est inévitablement l'objet, ne sait au contraire que les enregistrer et les offrir, presque toujours vainement, au filtre téléonomique, dont les performances sont jugées, en dernier ressort, par la sélection. »⁸⁸³

D'autre part, au niveau de l'ontogenèse d'une protéine maintenant, il convient de mentionner également que la protéine fonctionnelle, dont le hasard de la structure est dû à un jeu de combinaisons aveugles, se trouve convertie par la machinerie de l'invariance, en nécessité. Ainsi, la machinerie de l'invariance se double de la machine qu'est une protéine. « Une protéine globulaire c'est déjà, à l'échelle moléculaire, une véritable machine, (terme que nous soulignons ici) par ses propriétés fonctionnelles, mais non, nous le voyons maintenant, par sa structure fondamentale où rien ne se discerne que le jeu de combinaisons aveugles. »⁸⁸⁴ La machinerie de l'invariance joue donc à deux niveaux : par la traduction, d'une part, de l'ADN en protéines ; Monod parle, en ce sens, « d'un mécanisme de haute-fidélité qui assure l'invariance des structures reproduisant la séquence de la protéine ; »⁸⁸⁵ et l'instauration, d'autre part, d'une protéine qui agit à nouveau comme une véritable machine, au sein d'une cellule, qui est, elle aussi, vue comme une « machine. »⁸⁸⁶ Emboîtement de machines donc, qui viennent stabiliser, en traduisant d'abord, puis en conservant et en multipliant, selon un

⁸⁸² J. Monod, (1970), p. 155.

⁸⁸³ J. Monod, (1970), p. 159.

⁸⁸⁴ J. Monod, (1970), p. 128.

⁸⁸⁵ J. Monod, (1970), p. 128.

⁸⁸⁶ J. Monod, (1970), p. 145.

système très sophistiqué de régulations, ce qui n'était au départ qu'un texte imprévisible et quasi « indéchiffrable. »⁸⁸⁷ C'est ainsi que nous pouvons comprendre cette affirmation de Monod : « Hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en ordre, règle, nécessité. »⁸⁸⁸ Ainsi cette machinerie devient la cause de « l'expression physiologiquement nécessaire »⁸⁸⁹ - terme à souligner ici - que le « texte précis et indéchiffrable de la structure primaire accomplit spontanément. »⁸⁹⁰ En effet, « il faut admettre, dit-il, que la séquence "au hasard" de chaque protéine est en fait reproduite, des milliers ou millions de fois, dans chaque organisme, chaque cellule, à chaque génération, par un mécanisme de haute-fidélité qui assure l'invariance des structures. »⁸⁹¹

Monod envisage également un parfait déterminisme entre la structure, dût-elle, à sa source, selon la démonstration précédente, relever du hasard, et la fonction. C'est dans ce cadre que la fonction apparaît alors comme « physiologiquement nécessaire ».⁸⁹² L'étude portant sur ce point se trouvera détaillée dans la thèse forte de Monod concernant le primat du génétique, que nous envisagerons dans le quatrième temps de cette seconde partie portant sur l'interprétation philosophique que Monod effectue à partir des découvertes en biologie moléculaire. Exprimons-en au moins ici une des affirmations majeures de Monod, concernant le déterminisme de la structure dictant nécessairement la fonction, à savoir que « c'est de la structure d'une protéine donnée que dépend la discrimination stéréospécifique particulière qui constitue sa fonction. »⁸⁹³

Ainsi, la réplication, en amont, puis, la traduction et enfin la reproduction à l'identique de la séquence d'une protéine est la cause de la formation et de la mise en ordre de chaque cellule ainsi que de l'organisme tout entier. Chaque cellule va répondre, en effet, elle aussi, à une loi de division par deux de la même manière que la double hélice de l'ADN se scindait en deux au moment de la réplication. Ce processus de dédoublement, multiplication par deux selon une loi de division en deux est un processus qui est programmé et dont la programmation s'effectue nécessairement. Monod pense donc ces trois sortes de processus, qu'il s'agisse de la réplication, de la traduction, et de la scission en deux cellules, comme inexorables et donc nécessaires ; à moins qu'une cause accidentelle, venant s'immiscer dans le processus, n'en

⁸⁸⁷ J. Monod, (1970), p. 129.

⁸⁸⁸ J. Monod, (1970), p. 128.

⁸⁸⁹ J. Monod, (1970), p. 129.

⁸⁹⁰ J. Monod, (1970), p. 129.

⁸⁹¹ J. Monod, (1970) p. 128.

⁸⁹² J. Monod, (1970), p. 129.

⁸⁹³ J. Monod, (1970), p. 69.

change, non pas le processus, mais les données. Il y a là, pour parler en terme aristotélicien une cause formelle⁸⁹⁴ qui exige, de par la structure même, la réalisation d'un dédoublement.

Venons-en à présent au développement embryonnaire.

C'est à propos de la nécessité du déploiement du plan inscrit dans l'organisme embryonnaire que Monod parle, en termes philosophiques, d'émergence embryonnaire qu'il qualifie de « révélation »⁸⁹⁵ et non d'une création. Il s'agit d'une révélation, au sens lointain mais analogiquement parlant, où le positif d'une photo va « révéler » le négatif contenu en celle-ci. Cette analogie reste cependant défectueuse puisque dans le négatif est contenu toute l'image de la photo, ce qui n'est précisément pas le cas en ce qui concerne l'émergence embryonnaire. Cette révélation est un dévoilement de ce qui était inscrit potentiellement dans les instructions du code génétique. Ce point de vue permet à Monod de penser pouvoir mettre définitivement un terme à l'ancienne querelle entre préformationnistes et épigénétistes. « La structure achevée n'était nulle part, en tant que telle, préformée. Mais le plan de la structure était présent dans ses constituants eux-mêmes. [...] La construction épigénétique d'une structure n'est pas une *création*, c'est une *révélation*. »⁸⁹⁶ Monod commentera ce point de vue, lorsqu'il distinguera clairement l'émergence embryonnaire et l'émergence évolutive. Il constate une confusion chez les animistes qui, précisément, pensent l'émergence évolutive comme une révélation des intentions jusque-là inexprimées de la nature, et s'insurge contre cette manière de voir. Pour lui, la nature ne recèle pas des potentialités qui vont s'actualisant au fil du temps. Il tient à ce que, comme l'énonce la théorie moderne, « la notion de révélation s'applique au développement épigénétique, mais non, bien entendu, à l'émergence évolutive qui, grâce au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel est créatrice de nouveauté *absolue*. »⁸⁹⁷

Pour donner lieu à telles ou telles propriétés, il est nécessaire que le code génétique soit écrit de telle et telle manière, et donc recèle en lui les potentialités qui vont s'actualiser au cours de l'expression de l'ontogenèse. Ces propriétés vont donner lieu nécessairement à tel ou tel individu. C'est une autre façon de dire que le génotype implique nécessairement le phénotype. Voilà en quoi réside le déterminisme génétique, chez Monod, et qui est une des expressions où s'exerce, à ses yeux, la modalité de la nécessité. Cette nécessité apparaît ici comme relative à la réalisation de l'être vivant à partir de son code génétique. En effet, si toutes les conditions initiales sont présentes, le déroulement selon le plan de la structure se fait de façon nécessaire,

⁸⁹⁴ Aristote, (1974) *Métaphysique*, Δ, 2, p. 248.

⁸⁹⁵ J. Monod, (1970) p. 117.

⁸⁹⁶ J. Monod, (1970) p. 117.

⁸⁹⁷ J. Monod, (1970) p. 151.

à cette réserve près que quelque chose peut toujours venir « gripper » ce processus, parfaitement huilé, en le perturbant, et en définitive, contribuer à l'orienter différemment. Au sein de l'organisme s'opère une conversion de ce qui est donné dans les constituants du programme émanant des diverses instructions dont l'écriture selon un code s'est faite tout à fait au hasard des rencontres de différents programmes génétiques, finalement mixés par le biais de la reproduction sexuée, et qui se trouvent consignées, à terme, dans un texte, au sein d'une même espèce qui l'a conservé après avoir fait passer les performances téléonomiques dont elle relevait au crible de la sélection, et qui répercute, selon la succession des générations, un texte identique, dans sa quasi intégralité. Hasard, donc, converti en nécessité. La nécessité à laquelle Monod fait référence ici apparaît bien aussi comme une nécessité temporelle du fait qu'elle se déploie selon une durée déterminée et nécessaire. Tout comme Monod pense le déroulement de l'expression des protéines à partir du code comme inéluctable, de la même manière il présente les étapes de l'ontogenèse, la structuration spontanée ou la morphogenèse, comme se déroulant selon un mécanisme strict et déterminé. Il en est de même pour la stabilité de vie d'une espèce, qui se déroule selon l'actualité d'un certain laps de temps, considérée dans l'existence de sa durée. Selon cette durée-là et selon le point de vue de l'espèce, à supposer qu'elle soit douée d'une certaine conscience du temps et d'elle-même, - en cela nous pensons spécifiquement, bien évidemment à l'espèce humaine -, on comprend qu'il soit difficile pour celle-ci, de s'envisager comme périssable. Comme le dit Fontenelle : « De mémoire de rose, on n'a jamais vu mourir un jardinier. » Sous cet angle, cet aspect de la dimension temporelle actuelle était déjà tout à fait envisagé par Aristote qui affirme que « ce qui est vraiment nécessaire, est que ce qui est soit, quand il est ; et que ce qui n'est pas ne soit pas, quand il n'est pas. »⁸⁹⁸ Ce que l'on pourrait transposer sur le plan biologique en affirmant qu'une espèce est nécessairement cette espèce, tant qu'elle est cette espèce. C'est en se fondant sur ce point de vue que bon nombre de biologistes préfèrent parler actuellement de "populations", au sens où la population signifie uniquement un ensemble relativement stable de vivants, séparés des autres par la barrière biologique de l'interfécondité, et non plus d'espèces qui indiquent, par trop, le caractère fixiste de leur existence. Cette notion de population accentuerait le contexte particulier dans lequel se forme un organisme, avec un dynamisme de reproduction qui lui est propre. Il est sans doute requis, sur un plan strictement biologique, d'aller jusqu'à envisager le caractère changeant des concepts d'espèce biologiques, qui ne seraient pas « fondamentaux », mais « dérivés et changeants », selon l'observation de J-

⁸⁹⁸ Aristote, (1984), *De l'interprétation*, ch. 9, 19a23-25, p. 102.

P Anfray.⁸⁹⁹ Ceci mettrait l'accent non seulement sur l'ensemble des nouveaux paramètres que la science biologique met en évidence, liés au devenir des espèces, mais aussi à leur transformation à partir probablement d'un ancêtre commun. En effet, que tous les vivants, depuis la bactérie jusqu'à l'homme se forment selon une même organisation du système du code génétique manifeste une sorte de nécessité logique qui s'applique à tous les vivants. Cette invariance, toutefois, se conjugue à la variabilité ; en ce sens, le terme de processus paraît très approprié pour décrire le développement évolutif car ce terme rend compte autant de la continuité que de cette variabilité inhérente au vivant.

Cette nomination est cependant problématique pour le métaphysicien théiste, du moins, en ce qui concerne l'homme qui, dans la perspective métaphysique peut ne pas être envisagé seulement au titre d'espèce, mais, comme le rappelle Descartes, au titre d' « image de Dieu. » Partant de l'hypothèse de la création par Dieu, Descartes déclare en effet : « De cela seul que Dieu m'a créé, il est fort croyable que j'ai été fait, en quelque façon, à son image et à sa ressemblance. »⁹⁰⁰ Il est, à cet égard, remarquable que cette expression que Descartes tire de la Genèse - qui n'est, bien évidemment, pas, faut-il le rappeler, en aucune façon, un manuel de biologie - comporte une affirmation métaphysique significative, en supprimant, quand vient le tour de l'homme, la mention « selon son espèce », comme cela se trouve dit à l'égard de tous les autres vivants, plantes, animaux marins, volants et aquatiques. Cette mention se voit remplacée, quand il s'agit de l'homme, par celle que reprend effectivement Descartes, à savoir : à « l'image et à la ressemblance de Dieu »⁹⁰¹, avec le dessein probable de vouloir marquer par là une intervention spéciale de Dieu concernant la création de l'être humain.

2° Nécessité temporelle au passé, au niveau de la phylogenèse.

Dans l'ordre de l'évolution, Monod évoque le domaine d'exigences rigoureuses dont le hasard est banni. Si le hasard opère à l'échelle microscopique, la sélection nécessaire, s'opère à l'échelle macroscopique, passant par le filtre de la téléonomie. Et Monod affirme que « c'est de ces exigences, et non du hasard, que l'évolution a tiré ses orientations généralement ascendantes, ses conquêtes successives, l'épanouissement ordonné dont elle semble donner l'image. »⁹⁰² Ainsi l'évolution ne peut se faire que par un passage obligé d'une nécessité à une autre. C'est en ce sens que Monod évoque « l'extrême cohérence du système téléonomique qui dans l'évolution, a joué le rôle à la fois de guide et de frein, et n'a retenu, amplifié, intégré qu'une infime fraction des chances que lui offrait, en nombre astronomique, la roulette de la

⁸⁹⁹ J.-P. Anfray, (2009), p. 39.

⁹⁰⁰ Descartes, [1647], (1990) *3^e Méditation*, §38, p. 137.

⁹⁰¹ Bible de Jérusalem, (1975) *Genèse* 1, v. 27, p. 18.

⁹⁰² J. Monod, (1970) p. 155.

nature. »⁹⁰³ Autrement dit, seules ont survécu les mutations avantageuses ou neutres et les mutations délétères n'ont pas permis aux organismes qui en étaient affectés de survivre.

Cette nécessité opère : la sélection est aveugle et s'applique de façon inéluctable. Ne survivent que ceux qui sont aptes à survivre. Monod avait parlé de cette « liberté absolue mais aveugle »⁹⁰⁴ du hasard. Il va appliquer ce caractère aveugle à la sélection elle-même. « Lorsqu'on songe à l'immense chemin parcouru par l'évolution depuis peut-être trois milliards d'années, à la prodigieuse richesse des structures qu'elle a créées, à la miraculeuse efficacité des performances des êtres vivants, de la bactérie à l'Homme, on peut bien se reprendre à douter que tout cela puisse être le produit d'une énorme loterie parmi lesquels une nécessité aveugle a désigné de rares gagnants. »⁹⁰⁵ Monod invite cependant « à revoir dans leur détail les preuves d'aujourd'hui accumulées (qui font que) cette conception est bien la seule qui soit compatible avec les faits », et que « cette théorie a pour elle les certitudes de l'expérience et de la logique ».⁹⁰⁶

Monod parle, pour thématiser ces faits, et les interpréter de façon philosophique d'« émergence évolutive »⁹⁰⁷, définition dont nous tenterons de dégager les conditions d'élaboration, dans le cinquième et dernier chapitre de cette partie.

Avec le domaine biologique, nous sommes donc, dans une certaine mesure, face à une science historique au sens où l'histoire est une suite irréversible d'événements qui s'enchaînent. Monod tient que c'est la thermodynamique, nouvelle science qui a fait passer d'un déterminisme total à un déterminisme statistique, qui met précisément en évidence des phénomènes de processus irréversibles. Monod va jusqu'à dire que le second principe de la thermodynamique et l'évolution indiquent une seule et même direction du temps, car l'évolution elle-même est un « processus » « qui définit une direction dans le temps »⁹⁰⁸. En ce sens, Monod va jusqu'à faire de l'évolution une expression du second principe, au motif que « le second principe, ne formulant qu'une prédiction statistique, n'exclut pas qu'un système macroscopique quelconque ne puisse, dans un mouvement de très faible amplitude et pour une durée très courte, remonter la pente de l'entropie. »⁹⁰⁹

Envisageant la mutation aléatoire, totalement inscrite dans ce processus, facteur de l'évolution, Monod réitère la remarque qui avait été valable précédemment à propos de l'organisme. Monod pense les étapes de la phylogenèse comme effectuées à partir de

⁹⁰³ J. Monod, (1970) p. 159.

⁹⁰⁴ J. Monod, (1970) p. 148.

⁹⁰⁵ J. Monod, (1970) p. 177.

⁹⁰⁶ J. Monod, (1970) p. 178.

⁹⁰⁷ J. Monod, (1970) p. 151.

⁹⁰⁸ J. Monod, (1970) p. 160.

⁹⁰⁹ J. Monod (1970) p. 160.

l'irruption des causes accidentelles, qu'il nomme, au ch. 6 de *HN*, « perturbations. » Celles-ci viennent s'immiscer au sein des causes et jouer un rôle, dans l'évolution, de tout premier plan. C'est même uniquement à partir de ces mutations elles-mêmes que se comprend l'évolution. Cela revient à énoncer que ce type de nécessité, s'exerçant au sein de la phylogenèse, ne peut se révéler qu'*a posteriori*. Vu le caractère inattendu et imprévisible des mutations, les formations des êtres vivants ne sont en effet, comme nous l'avons évoqué en introduction, déductibles d'aucune règle *a priori*.

Cela est d'autant plus vrai qu'il faut reconnaître que, sans avoir découvert les êtres vivants appartenant au passé, ou sans en avoir dérivé l'existence à partir d'une reconstitution scientifique, on n'aurait jamais pu les inventer. En ce sens, la biologie explique par les causes antérieures passées l'existence de tel ou tel vivant mais ne peut déduire l'existence de ce même vivant à partir de celles-ci. C'est pourquoi, si l'explication scientifique attribue *a posteriori* au vivant contingent une sorte d'explication déterministe et nécessaire, il y a toujours une part de données irréductibles que seul le contact avec le réel peut lui offrir. En ce sens la biologie apparaît bien comme une science étiologique au sens où William Whewell dans *History of the inductive sciences*, préfère l'appellation de « science paléo-étiologique »⁹¹⁰ à celle des sciences historiques. Whewell fait effectivement remarquer que les « sciences naturelles qu'il s'agisse de celles du cosmos, de la terre et de l'homme traitent d'événements qui ont rapport à la fois à la trame du temps et à la causalité »⁹¹¹. Il désigne par-là les sciences qui considèrent que les événements passés jouent le rôle de causes antérieures. En ce sens, il remarque : « Chaque science théorique se double d'une science historique. En partant de cette distinction, on comprend que l'importance de la donnée historique aille croissant avec le degré de complication des phénomènes. Dans le domaine de la biologie, le point de vue historique devient prédominant. »⁹¹² En effet, la théorie de l'évolution se base sur l'étude de l'action des processus naturels qui rendent compte des événements contingents, de l'histoire naturelle, devenus nécessaires, au sens où une fois réalisés, ils ne peuvent pas ne pas avoir été.

C'est pourquoi, la dimension historique de la biologie suppose que le présent n'est pas le simple prolongement inéluctable du passé. Cependant, une fois les êtres naturels formés, leur présence rendue irrécusable par certains faits que la science biologique vise à mettre en lumière de façon toujours plus incontestable, est irrévocable et, sous cet aspect,

⁹¹⁰ W. Whewell, [1857], (1967), *History of the inductive sciences*, 3ème partie, p. 402.

⁹¹¹ W. Whewell, [1857], (1967) p. 402.

⁹¹² W. Whewell, [1857], (1967) p. 415.

conformément à la définition de la nécessité, ne peuvent pas ne pas avoir été. Jean Gayon exprime cette vérité en qualifiant les lois de la biologie de « lois causales faibles ».⁹¹³

Ainsi, la nécessité biologique, ainsi temporellement conditionnée, est effective tant en ce qui concerne les processus déterminés qui régulent l'ontogenèse que ceux qui sont à l'origine d'une phylogenèse des vivants. C'est pourquoi, il est vrai que la biologie est une science explicative des êtres naturels. Cependant si cette science explique, elle ne peut pas prévoir. Nous avons donc vu que la nécessité rend compte de la formation de la complexité d'un vivant régie selon l'invariance d'un même code et qui se déroulerait sans doute uniformément, de façon implacable et inéluctable tout au long de l'histoire du vivant, sans les « perturbations » que lui impose le hasard des mutations. Sans celles-ci, l'invariance se répéterait *ne varietur* tout au long du temps. Il y a une loi unique, qui joue immanquablement pour tous les vivants et qui est la même toujours et partout : le même code génétique qui s'étend de la bactérie à l'homme en passant par toutes les variations possibles de l'ensemble des êtres naturels. Le déterminisme, au sens du lien nécessaire entre la cause et l'effet n'est pas donc pas caduc. En revanche, ce qui est caduc, c'est le fait du caractère entièrement prévisible de ce processus qui ne compte pas avec le hasard des mutations qui peut venir interférer. Ce qui n'est pas tenable en biologie, c'est le déterminisme laplacien pensant que l'histoire présente et future est totalement déterminée par l'histoire passée. Monod met en effet en évidence que si la biosphère est explicable, elle n'en est pas moins imprévisible. Il affirme que « la biosphère ne contient pas une classe prévisible d'objets ou de phénomènes mais constitue un événement particulier, compatible certes avec les premiers principes, mais non déductible de ces principes. Donc essentiellement imprévisible est la biosphère, « imprévisible au même titre ni plus ni moins que la configuration d'atomes qui constitue le caillou que l'on tient dans la main [...] Cet objet n'a pas selon la théorie, le devoir d'exister mais il en a le droit. »⁹¹⁴

Monod fait donc référence à une nécessité temporelle. Et nous avons vu que celle-ci ne désigne pas la nécessité au sens où la conçoit le déterminisme classique de Laplace, à savoir comme une nécessité strictement conditionnelle : l'avenir n'est déductible ni du passé ni du présent.

3° La nécessité de l'avenir n'apparaîtra qu'*a posteriori* : la catégorie de l'avenir est celle du possible. « Le destin s'écrit à mesure qu'il s'accomplit, pas avant. »⁹¹⁵ L'avenir est ouvert et non pré-déterminé.

⁹¹³ Jean Gayon, (1993), « La biologie entre loi et histoire », *Philosophie*, Paris, éd. De Minuit, 38, p. 30-57.

⁹¹⁴ J. Monod, (1970), p. 62.

⁹¹⁵ J. Monod, (1970), p. 184.

En ce qui concerne les être naturels à venir, leur nécessité réside dans le fait qu'ils seront ou ne seront pas au sens où Aristote, à propos des futurs contingents, fait remarquer qu'il n'est pas nécessaire que la bataille ait lieu ou qu'elle n'ait pas lieu mais bien qu'il soit nécessaire qu'elle ait lieu ou pas lieu. La nécessité ne réside pas dans le choix d'un des deux termes de l'alternative mais dans l'alternative elle-même. Comme le dit Aristote, sur cet exemple, « nécessairement, il y aura demain une bataille navale ou il n'y en aura pas ; mais il n'est pas nécessaire qu'il y ait demain une bataille navale, pas plus qu'il n'est nécessaire qu'il n'y en ait pas. Mais qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas demain une bataille navale, voilà qui est nécessaire. »⁹¹⁶ Il est impossible de dire d'avance que la bataille n'aura pas lieu nécessairement ou bien que la bataille aura lieu nécessairement mais il est nécessaire que la bataille soit ait lieu soit n'ait pas lieu. Ainsi le futur fait apparaître le domaine des possibles et des indécidables. Pour Aristote, il y a dans la chose existante à venir une « puissance des contraires. »⁹¹⁷ Pour ce dernier, le possible est le potentiel, ce qui est en puissance, et qui provient d'une chose en acte, qui le contenait, en quelque sorte. Pour Monod ce potentiel est présent dans le cas de l'émergence embryonnaire mais non dans le cas de l'émergence évolutive. Le possible se pense dès lors sur fonds d'autres possibles multiples et purement contingents, ne relevant pas nécessairement de la chose en acte qui le précède, même si celle-ci en a été le support, au titre de condition matérielle mais non au titre de cause totale efficiente, proprement dite. Jean-Pascal Anfray met bien en valeur ce fait que, dans la perspective aristotélicienne l'ancrage ontologique des modalités se fait dans les puissances, ou les potentialités.⁹¹⁸ Or, avec Monod, à la notion de potentialité se voit clairement substituée la notion de possibilité au cours de l'évolution. En effet, si la potentialité régit l'évolution embryonnaire, c'est la possibilité seule qui régit l'émergence évolutive. L'explication de cette conception serait, en partie, due à une conception cartésienne du vivant selon laquelle les mouvements des particules entraînant les mutations, qui sont bien les causes accidentelles s'intégrant à un processus implacable, semblent répondre aux lois du choc, énoncé selon le principe d'inertie cartésien. Rappelons en ce sens que le thème principal de *HN* est de tendre à prouver que « les forces internes qui confèrent leur structure macroscopique aux êtres vivants » sont « de même nature que les interactions microscopiques responsables des morphologies cristallines. »⁹¹⁹ Ce serait un des éléments possibles de l'explication du rejet chez Monod des notions d'acte et de puissance refusées comme non scientifiques lorsqu'il s'agit de l'émergence évolutive. Un autre élément viendrait des structures tout à fait spontanées et entièrement

⁹¹⁶ Aristote, (1984), p. 99: 9, 18b-25.

⁹¹⁷ Aristote, (1984), p. 102-103: 9,19a30-35

⁹¹⁸ J-P. Anfray, (2009), p. 95.

⁹¹⁹ J. Monod, (1970), p. 27.

nouvelles dues au hasard, au fil du temps, provoquant de nouvelles régulations qui elles-mêmes feraient advenir des systèmes tout-à-fait nouveaux avec, à la base, de l'ancien, mais finalement totalement modifié et introuvable dans les nouvelles structures, et ses expressions, tout comme l'illustre, de façon paradigmatique, la structure de l'opéron.

Le passé déterminé et nécessaire est donc ouvert à un avenir qui appartient à la modalité du possible. Cette conception rejoint de façon très claire celle de Popper qui attache, dans *L'univers irrésolu*, « une importance capitale à la distinction entre le *passé* déterminé et le *futur* ouvert. »⁹²⁰ Il y a une véritable « *asymétrie entre le passé et le futur* »⁹²¹ : « caractère clos du passé, ouverture du futur. »⁹²² Aussi, nos théories ne peuvent être totalement déterministes. « Nous avons toutes les raisons de croire que nous ne pouvons pas acquérir assez de données pour déduire la solution de notre projet de prédiction parce que nous ne savons pas quelles données seraient nécessaires pour notre prédiction. »⁹²³

Ainsi, comme l'exposent avec enthousiasme les deux auteurs de *La nouvelle Alliance*, dont les analyses, riches de perspectives nouvelles, prolongent ici, sur ce point, les vues de Monod, « au niveau microscopique, les sciences de la nature se sont donc libérées d'une conception étroite de la réalité objective, qui croit devoir nier dans ses principes la nouveauté et la diversité au nom d'une loi immuable. Elles se sont libérées d'une fascination qui nous représentait la rationalité comme close, la connaissance comme en voie d'achèvement ; elles sont désormais ouvertes à l'imprévisibilité, dont elles ne font plus les signes d'une connaissance imparfaite, d'un contrôle insuffisant. » La conséquence en est considérable car cette prise en compte de l'imprévisibilité change le regard de l'homme face à la nature. Nos auteurs, soulignant le caractère nouvellement exploratoire et non plus seulement dominateur de ce regard sur la nature, invitent, de façon originale et - en cela Monod n'avait peut-être pas été jusque-là -, à reconsidérer leur lien avec la nature, en la considérant comme un partenaire capable d'apparaître comme un vis-à-vis permettant la possibilité d'un dialogue: « Elles [les sciences de la nature] se sont dès lors ouvertes au dialogue avec une nature qui ne peut plus être dominée d'un coup d'œil théorique, mais seulement explorée, avec un monde ouvert auquel nous appartenons, à la construction duquel nous participons. »⁹²⁴

Ce n'est qu'une fois réalisé et effectif que le possible devient en biologie l'objet d'une science du nécessaire et de l'irrévocable. Dans *Nécessité ou contingence*, J. Vuillemin fait remarquer que le seul principe applicable dans ce cas est ce qu'il appelle « le principe de réalisation

⁹²⁰ K. Popper, (1984), p. 41.

⁹²¹ K. Popper, (1984), p. 47.

⁹²² K. Popper, (1984), p.48.

⁹²³ K. Popper, (1984), p. 68.

⁹²⁴ I.Prigogine et I. Stengers, [1979], (1986), p. 364.

possible du possible »⁹²⁵ ; ce qui est certes, une autre façon, dans une certaine mesure, de rendre compte dans les faits, de ce qui, sur le plan logique, relève du principe de non-contradiction. Un fait réalisable ne permet pas, de façon simultanée, une réalisation et son contraire. Mais au plan ontologique, c'est également, une façon de poser un cadre qui permet de penser le surgissement de potentialités nouvelles, non incluses dans les formes de vie antérieures.

Nous pensons important de rappeler ici, ce que nous avons déjà signalé lors de notre examen de la question de l'œil, avec Michel Delsol, par rapport à la question de l'évolution qui nous occupe : tout n'est pas possible et certaines configurations, en raison des possibilités de la matière et des contraintes liées à son effectivité, ne peuvent avoir lieu ; si bien que dans l'ordre de la contingence, des changements sont possibles en effet mais seulement dans une certaine mesure. Nous avons vu, par exemple, avec la constitution de l'œil que les conditions de possibilité de sa formation sont liées à l'existence de la lumière car, sans elle, rien n'aurait pu favoriser l'intérêt de l'émergence de plaques photosensibles. En ce sens, la lumière apparaît comme la condition *sine qua non*, le « ce sans quoi » la formation du cristallin n'aurait eu aucun avantage à s'effectuer. Tenir compte de l'écart entre la condition sans laquelle les choses ne peuvent se faire et la cause pour laquelle elles se font, reste, en ce sens, tout à fait indispensable et très précieux conceptuellement. De la même façon, la distinction effectuée par Mayr entre cause lointaine, ou ultime, permettant de penser la biologie évolutive et cause prochaine, permettant de penser la biologie fonctionnelle en biologie est fondamentale.⁹²⁶ Ces distinctions peuvent, par certains aspects d'ailleurs, se rapprocher selon que la cause lointaine ou prochaine peut être assimilée ou non à une condition nécessaire mais non suffisante. La suggestion d'« *un univers de propensions* » de Popper va aussi dans ce sens puisque le possible, qui n'est que virtuel, devient réalisable à mesure que la situation environnante se spécifie de façon de plus en plus précise. « Le monde n'est plus une machine causale : on peut le considérer comme un univers de propensions, un processus de déploiement de possibilité en voie d'actualisation, et de *nouvelles* possibilités. »⁹²⁷ Appliquées au vivant, Popper énonce que l'univers de propensions, - sorte de forces attractives- est intrinsèquement créatif. Ces tendances créatives ont conduit à l'émergence de la vie. et l'évolution du vivant a conduit à l'émergence de meilleures conditions d'existence pour les

⁹²⁵J. Vuillemin, (1984) p. 29.

⁹²⁶ Mayr, « Cause and effect in biology », p. 1503.

⁹²⁷ K. Popper, (1992), p. 41.

organismes eux-mêmes, et ainsi à de nouvelles possibilités ; à de nouvelles formes de vie, très différentes des anciennes et très variées. »⁹²⁸

Cette notion de possibilité joue également un rôle important pour Monod qui fait de l'apparition de l'homme sur terre, tout comme probablement de l'apparition de la vie elle-même, des événements qui auraient pu ne pas se produire. « La probabilité *a priori* que se produise un événement particulier parmi tous les événements possibles dans l'univers est voisine de zéro. Cependant l'univers existe ; il faut bien que des événements particuliers s'y produisent, dont la probabilité (avant l'événement) était infime. »⁹²⁹ En cela, Monod émet donc en creux l'hypothèse d'un autre monde possible, au cas où cette réalisation n'aurait pas été effective. Cela est encore une façon d'énoncer que l'existence et la nature de l'homme et du monde tels qu'ils sont ne sont connaissables et reconnus nécessaires qu'*a posteriori* et donc de faire droit à l'indéterminisme qui a lieu d'être envisagé « s'il y a au moins un événement qui n'est pas prédictible. »⁹³⁰ Il faut souligner, dès lors, que cette nécessité *a posteriori* ne se comprend que sur fond de contingence, que Monod attribue au hasard. « L'idée que la vie soit apparue *une seule fois*, avec une probabilité quasi nulle » [...] « heurte notre tendance humaine à croire que toute chose réelle dans l'univers actuel était nécessaire et de tout temps. »⁹³¹ De la même manière Monod récuse l'idée de notre présence nécessaire au monde : « Nous nous voulons nécessaires, inévitables, ordonnés de tout temps. Toutes les religions, presque toutes les philosophies, une partie même de la science, témoignent de l'inlassable, héroïque effort de l'humanité niant désespérément sa propre contingence. »⁹³² Autrement dit, Monod récuse encore une fois l'idée d'une nécessité absolue. Celle-ci se trouve relativisée par toute la marge d'imprévisible et le "jeu des possibles" offert par le champ ouvert par le fait du hasard, rendu tangible par la présence de l'imprévisibilité des mutations et du possible provoqué par toutes les transitions allostériques ; phénomènes imprévisibles qui peuvent devenir une très heureuse surprise, en particulier pour l'homme qui considère son existence « tel celui qui vient d'y gagner un milliard, au jeu de Monte Carlo, et qui éprouve alors l'étrangeté de sa condition. »⁹³³ On devine ici, de la part de Monod, par le choix de l'exemple pris, la joie sans nom avec laquelle il envisage la chance qui nous est impartie. C'est ici encore l'une des raisons qui permet de rapprocher Monod de Démocrite, connu pour son rire,⁹³⁴ qui sait

⁹²⁸ K. Popper, (1992), p. 43.

⁹²⁹ J. Monod, (1970), p. 184.

⁹³⁰ K. Popper, (1984), p. 24.

⁹³¹ J. Monod, (1970), p. 184.

⁹³² J. Monod (1970), p. 63.

⁹³³ J. Monod (1970), p. 185.

⁹³⁴ Voir l'analyse du rire chez Démocrite, B. Bensaude-Vincent (2003) p. 233-248 et Jean Salem, (1996), *La légende de Démocrite*.

exprimer ici une joie manifeste. C'est soit dit en passant, une des raisons pour lesquelles il convient de distinguer considérablement, quels qu'en soient les nombreux points communs, Monod de Sartre, pour qui la conscience d'être au monde procure la nausée, avec ce sentiment d'être « de trop » dans l'univers. C'est seulement l'ajout de la totale solitude dans laquelle l'homme est plongé au sein de « l'immensité indifférente de l'univers »⁹³⁵ qui va donner à cette joie une teinte plus tragique, ou plus réaliste, selon les choix métaphysiques de chacun, immédiatement après. Monod emploie encore l'expression « d'un univers glacé de solitude. »⁹³⁶ Cela dit, il y a pour Monod une positivité de l'existence indéniable ; et celle-ci ouvre à une forme de positivité d'attitude face à la vie et à ses « secrets », qu'elle dévoile peu à peu à ceux qui ont la patience et les compétences scientifiques pour se pencher sur l'ensemble des phénomènes que celle-ci nous offre.

Il est aussi possible d'évoquer, d'une certaine manière, cette même notion de possibilité non plus à propos de l'avenir mais à propos de la reconstitution du passé qu'effectivement en biologie n'a peut-être pas toutes les clefs pour restituer un passé réel mais seulement pour réinventer un passé possible et hypothétique.

En conclusion, nous voyons que la nécessité selon Monod, en raison précisément de l'intégration de la donnée du hasard, n'invoque plus un déterminisme strict mais opte pour un déterminisme que l'on pourrait qualifier de « faible », au sens employé par Jean Gayon, de « relatif » et de « temporel ». A partir de la présence des mutations, l'évolution se comprend comme répondant à une nécessité temporelle. Dans cette perspective, le principe de causalité est conservé, mais réservé à des explications *a posteriori* ; de plus ce principe instaure une règle de succession qui gouverne non les phénomènes eux-mêmes, mais les probabilités de ces phénomènes. Eigen et Winkler, déjà cités dans l'ouvrage d'Alexandre Ganoczy, soulignent le fait que l'apparition de la vie dans le cosmos est quelque chose qui ne correspond pas à « la stricte causalité » de conditions initiales déterminées à l'avance. »⁹³⁷ Ceux-ci continuent en insistant sur ce point : « Que l'évolution de la vie soit soumise ensuite à l'épreuve de la sélection et à une série de règles déterminées n'exclut pas la spontanéité et la singularité radicale de l'événement primitif. »⁹³⁸ Si cette nécessité temporelle était déjà, en un sens, envisagée par Aristote, comme nous avons eu l'occasion de la souligner, celle-ci reçoit un nouvel éclairage non seulement par la génétique, pensant les mutations accidentelles, mais aussi par la considération de l'irréversibilité du temps qu'a mis en évidence la

⁹³⁵ J. Monod (1970), p. 225.

⁹³⁶ J. Monod (1970), p. 213.

⁹³⁷ A. Ganoczy, (1995), p. 266.

⁹³⁸ A. Ganoczy, (1995), p. 266.

thermodynamique . C'est pour ces deux raisons majeures, à laquelle s'adjoint celle selon laquelle de toutes petites causes peuvent être à l'origine de très grands effets, appliquée, par Monod, à l'impact des transitions allostériques entre les protéines enzymatiques, applicable, plus généralement, à tout système régulateur, que la modalité de la nécessité dans le passé a pour corrélat, en raison du caractère diachronique de l'évolution, non pas la nécessité mais la seule possibilité de nouveaux phénomènes, que seul l'avenir permet d'offrir. Dès lors, tout n'est plus conçu comme potentiellement contenu dans un acte antérieur, mais bien comme ce qui advient de façon imprévisible. Non que tout puisse surgir de tout, selon la critique qu'Aristote portait contre les atomistes, mais que les éléments naturels déjà là servent au bénéfice de la possibilité de la création nouvelle. En cet endroit, le terme de « création » employé par Monod, reçu ainsi, pourrait tout à fait coïncider avec le terme de création au sens métaphysique, au sens d'une nouvelle possibilité pour un nouvel existant d'advenir, possibilité non contenue dans les éléments antérieurs.

Pour le dire très brièvement avec François Jacob, la réalité biologique est que les êtres vivants sont des « structures historiques ». ⁹³⁹ Cette définition, qui constitue un *quasi oxymore* dans sa concision, concilie, en ces deux termes accolés, toute la tension entre déterminisme et indéterminisme, entre hasard et nécessité, présente aussi chez Monod. Elle correspondrait effectivement parfaitement à la manière de voir également de Monod, pour qui c'est avant tout la structure qui répond fondamentalement au déterminisme. « Structure, dit-il, témoignant d'un déterminisme autonome, précis, rigoureux ». ⁹⁴⁰ Pour Monod également, la structure, évoluant à travers l'histoire du vivant, déploie tout le jeu des possibles, selon le jeu de toutes les interactions microscopiques internes possibles. On pourrait soutenir dès lors que, par la recherche des interactions moléculaires et l'étude de la structure intime des corps, la biologie moléculaire se rattache à la science théorique exacte de la science physico-chimique ; et que cependant, par l'intervention de causes accidentelles pouvant survenir à travers le temps, elle se rattache à la série des sciences historiques. D'ailleurs, il est significatif que la molécule, objet de la biologie moléculaire, en tant que concept chimique ait la particularité d'être une entité provisoire, capable de changement, d'association et recomposition perpétuelle, même si certaines molécules telles que l'eau ont un champ électromagnétique qui les fait cohérer de manière très stable; à l'inverse de l'atome qui apparaissait, jusqu'à l'apparition de la physique quantique, comme une entité physique, solide et immuable dans son indivisibilité. A la différence cependant de la science de l'histoire qui fait intervenir des éléments de la subjectivité, la biologie peut répondre tout à fait à l'exigence du postulat d'objectivité, vu son

⁹³⁹F. Jacob, (1981) *Le jeu des possibles*, le livre de poche, 1986, p. 41.

⁹⁴⁰J. Monod, (1970), p. 27.

caractère indemne de subjectivité dans le sens où ce ne sont bien que des "objets" naturels, sans l'intervention de la subjectivité de l'action humaine, qu'elle se propose d'étudier dans leur être propre et dans leur déploiement au cours de l'évolution ; même si cette affirmation déniait toute subjectivité au vivant n'est pas exempte de questions sur un plan métaphysique.

DISCUSSION SUR LA NÉCESSITÉ

La mise en scène rhétorique d'une nécessité *quasi* hypostasiée pourrait être rendue par l'importance des deux termes clés du titre même de l'ouvrage, choisi par Monod ainsi que par la référence, posée d'entrée de jeu, à Démocrite, sous l'autorité de laquelle Monod peut signifier, par-là, qu'il compte bien se ranger. Monod pourrait dès lors nous inviter à penser que la nécessité se trouve ici être un principe substantiel, au fondement de ce qui est, suivant en cela l'inspiration que certains fragments présocratiques de l'atomisme antique nous laisseraient supposer. Cependant, nous pouvons voir aussi bien cette référence comme une invitation à un nouveau dialogue avec ces vues des anciens atomistes à l'ère contemporaine, et une incitation à penser ces notions, employées dès l'Antiquité, à nouveaux frais. Nous conviendrons tout de même, que cette "mise en scène" est aussi favorisée par la tournure rhétorique que prend, à deux reprises, assez éloignées l'une de l'autre dans le texte de *HN*, cette mention, quasi théâtrale, du hasard « converti » en nécessité, semblant faire de ces concepts, là encore, plus des hypostases que des attributs ou des modalités. La mise en scène de ces concepts est établie par deux fois dans le texte. Rappelons-en en les deux occurrences. Dans la première, il s'agit du « hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en nécessité, en ordre, règle, nécessité. »⁹⁴¹ Dans la seconde, il est dit à propos de l'accident singulier : « tiré du règne du pur hasard, il entre dans celui de la nécessité. »⁹⁴²

Hormis cet effet de théâtralisation, et cette mise en perspective sous le sceau d'un matérialisme métaphysique hérité des atomistes grecs, Monod fait appel essentiellement à la nécessité relevant d'une méthodologie scientifique, qui considère la réalité sous le prisme du postulat d'objectivité, nécessité donc avant tout partielle et locale.

Cette nécessité implacable joue donc, comme l'exposé qui en a été fait le rappelle, à deux niveaux :

⁹⁴¹ J. Monod, (1970), p. 128.

⁹⁴² J. Monod, (1970), p. 155.

- au niveau de l'expression des gènes, puisque les protéines sont la stricte conséquence des instructions du code,
- au niveau de la sélection naturelle au cours de l'évolution, phénomène par lequel ne survivent que les solutions viables et de plus en plus avantageuses. Si ceci est une tautologie pour ses contradicteurs, c'est bien la preuve que cette nécessité est une solution implacable : il ne peut en être autrement, ce qui est une des définitions de la nécessité.

Cependant, si c'est bien à ces deux niveaux que règne la nécessité, nous voyons que cette nécessité est conditionnelle, ou « hypothétique »⁹⁴³ en ce qui concerne la première, au sens où elle est soumise aux conditions initiales puisqu'elle demeure, tant que des mutations ne surviennent pas. Il s'agit du développement d'une potentialité. Convenons, pour ne pas la confondre avec la nécessité conditionnelle de Laplace, qu'il conviendrait plutôt mieux de nommer cette dernière une nécessité « conditionnée ». Quant à la nécessité qui s'applique en phylogénèse, il semble, avons-nous vu, que, pour Monod, la part d'imprévisible ne se résout jamais totalement dans le prévisible, ni le potentiel dans l'actuel. Monod parle en effet « d'imprévisible essentiel »⁹⁴⁴, comme de « hasard essentiel »⁹⁴⁵.

Comment comprendre cette nécessité qui s'instaure tout à coup ?

Rappelons-nous l'analyse de Monod concernant l'invariance qui est « exclusivement » gouvernée par les acides nucléiques tandis que la téléonomie elle, est gouvernée par les protéines. « La distinction entre téléonomie et invariance n'est pas une simple abstraction logique », faisait remarquer Monod, dès le ch.1. « Elle est justifiée par des considérations chimiques. En effet, des deux classes de macromolécules biologiques essentielles, l'une, celle de protéines, est responsable de presque toutes les structures et performances téléonomiques, tandis que l'invariance génétique est attachée exclusivement à l'autre classe, celle des acides nucléiques. »⁹⁴⁶ La notion de projet téléonomique s'inscrit dans les protéines, trouve-t-on au chapitre 5 de *HN* : « Si toute structure primaire de protéine nous apparaît comme le pur produit d'un choix fait au hasard, à chaque chaînon, parmi les vingt résidus disponibles, en revanche en un autre sens, il faut reconnaître que cette séquence actuelle n'a nullement été synthétisée au hasard. »⁹⁴⁷ Comment expliquer cette régularité dans cette loi de la nature qui ne synthétise pas au hasard ? Il est certain que Monod s'exprime assez peu sur cette conversion du hasard en nécessité. La nécessité de la téléonomie s'inscrirait donc au niveau des protéines, quoique celles-ci prennent leur source dans l'invariant, qui a été constitué au

⁹⁴³ Aristote, *Physique* (2002), II, 9, p.156.

⁹⁴⁴ J. Monod, (1970), p. 151.

⁹⁴⁵ J. Monod, (1970), p. 150.

⁹⁴⁶ J. Monod (1970), p. 33.

⁹⁴⁷ J. Monod, (1970) p. 127.

hasard. Quoi qu'il en soit, cette nécessité de la téléonomie se trouve encore confirmée et irréversiblement inscrite à travers le perfectionnement téléonomique qui se produit tout au long de l'évolution, impliquant, là encore, l'idée d'une activité orientée, cohérente et constructive.

En fait, pour élucider davantage encore ce qu'est la nécessité chez Monod, une distinction s'imposerait à propos du rôle tenu par les conditions changeantes et accidentelles et la nécessité de tel ou tel résultat attendu nécessairement à la fin d'un processus. Un exemple pris Aristote en E, 3 pourrait rejoindre l'enjeu de ce genre de distinctions à opérer, et permettre de mesurer l'écart avec le modèle présenté par Monod. Aristote se réfère à la condition inéluctablement mortelle de l'homme mais dont les conditions de la mort ne sont pas déterminées. « Au sens où, dit-il, tout ce qui sera, sera nécessairement, par exemple le vivant, mourra nécessairement car il porte déjà en lui la condition de sa mort, à savoir la présence de contraire dans le même corps. Mais en réalité, sera-ce par maladie ou de mort violente, on n'en sait rien encore : ce sera seulement si tel autre événement se produit. Il est donc clair que l'on remonte ainsi à un principe. Tel sera le principe de tout ce qui est dû au hasard ; ce principe n'aura lui-même été produit par aucune autre cause. Mais à quelle sorte de principes, quelle sorte de causes se rapporte ainsi l'accident ? Est-ce à la matière, ou à la cause finale, ou à la cause motrice ? C'est le point capital à examiner. »⁹⁴⁸ Or, la nécessité telle que Monod l'envisage ne pourrait pas s'inscrire, à notre avis, dans cette perspective. Certes, Monod affirmerait que le vivant est voué à la mort et que les circonstances diverses et variées de celles-ci n'y font rien à l'affaire. Mais Monod irait plus loin en disant que ce vivant, dans le cours de la phylogenèse, demeure ce qu'il est, tant que d'autres conditions et contraintes ne surviennent pas pour le modifier et le faire évoluer. Ici, les accidents ne sont plus de simples circonstances adjuvantes, mais ils en viennent à modifier la substance même du vivant. Il ne s'agit donc plus du tout d'une nécessité conditionnelle découlant inmanquablement de conditions initiales, au sens laplacien. Car les conditions elles-mêmes peuvent varier et orienter la suite de la phylogenèse de manière totalement imprévisible. Cette nécessité aristotélicienne elle-même ne rend pas compte, par conséquent, du point de vue de transformation radicale que représente celui de Monod. En effet, celui-ci va au-delà de la simple considération d'un déploiement de potentialités à partir de la cellule primitive. Monod fait appel à des sortes de nouvelles "initiatives", au cœur de la matière, ou pour éviter tout animisme, à des sortes de nouveaux commencements, tels le commencement de la vie et le commencement de l'homme, à l'un et l'autre bout de la chaîne, en passant par le

⁹⁴⁸Aristote, (1974), 1027b, l. 10-15, p. 342.

commencement de l'ADN, et le commencement de la membrane de la cellule. C'est cette perspective qui peut être interrogée métaphysiquement. Question métaphysique ne portant pas sur la question de savoir d'où vient tel ou tel commencement ; cela, c'est à la science d'y répondre ; mais consistant à s'interroger sur l'origine même du fait qu'il y ait des commencements : cette dernière question requiert une analyse métaphysique de l'acte qui produit la création, en tant que telle, dans l'acte même d'une production qui se poursuit à travers le temps.

Par ailleurs, il est vrai qu'Aristote avait déjà mis en évidence le fait qu'une cause accidentelle, inintentionnelle donc par définition ⁹⁴⁹ n'est pas dénuée de conséquences qui peuvent être tout à fait majeures. L'irruption d'un fait inintentionnel peut avoir une influence aux effets considérables, tant positifs que négatifs, sur l'entité touchée. A partir de plusieurs exemples, Aristote au livre Δ de la *Métaphysique* ⁹⁵⁰, souligne que deux entités se révèlent accidentelles l'une à l'autre « lorsqu'elles ne sont pas associées entre elles en raison -dioti- de leur description ». « Tout attribut qui appartient à un sujet, mais non parce que -δίότι- le sujet était précisément ce sujet [...] cet attribut sera un accident. » ⁹⁵¹ C'est ainsi par hasard que la cause accidentelle vient se greffer sur la cause principale. Si cette cause apparaît non essentielle au bon déroulement du processus, elle peut quelquefois se révéler d'une grande efficacité et peut même aller jusqu'à jouer un rôle de premier plan dans un processus où elle n'était pas initialement attendue. Mais dans la perspective de la biologie moléculaire, la cause principale elle-même peut se trouver totalement modifiée, et de plus il peut apparaître, dès lors, qu'il peut y avoir plus dans l'effet que dans la cause. Monod, en biologiste, se montre très sensible à ce phénomène, déjà souligné à l'époque moderne par Poincaré, puis par les tenants, tel David Ruelle, de la théorie du chaos. ⁹⁵² Rappelons ici tout l'intérêt que manifeste Monod à mettre en lumière, au ch. 4 portant sur la « cybernétique microscopique », comment une « réaction catalytique gouvernée par des interactions très faibles - Monod parle alors des interactions régulatrices entre plusieurs effecteurs de l'enzyme - peut impliquer des transferts d'énergie relativement considérables. » ⁹⁵³ Il compare alors ces systèmes « à ceux qu'on emploie dans des circuits électroniques » et souligne, à cet effet, une analogie au service de sa démonstration, qui est que, dans ce cas, « une énergie très faible consommée par un relais pourra déclencher une opération considérable, telle que, par exemple, la mise à feu d'une

⁹⁴⁹ Aristote, *Métaphysique* E 2, 1027a7-8, et *Physique* II

⁹⁵⁰ Aristote, (1974) *Métaphysique*, Δ 30, 1025a23, p. 322.

⁹⁵¹ J-P. Anfray, (2009), p. 88.

⁹⁵² David Ruelle, (1991), pp. 87-105.

⁹⁵³ J. Monod (1970), p. 93.

fusée balistique. »⁹⁵⁴ Ainsi, certaines coïncidences inopinées et inattendues, imprévisibles et non déductibles *a priori* de ce qui précède, qui arrivent par hasard, c'est à dire fortuitement, aléatoirement, et de façon contingente, peuvent changer le cours des processus conduisant à des instaurations nouvelles de nouveaux facteurs en présence, voire à de nouvelles organisations. Ces coïncidences viennent rompre le cours de l'ordre des causes telles qu'elles étaient antérieurement. En ce sens, il convient de considérer non seulement les mutations, à titre de causes accidentelles, mais aussi tous les phénomènes que permet l'allostérie des protéines enzymatiques, vues comme sources elles-mêmes, rappelons-le, d'organisation et d'ordre, contribuant à organiser la vie d'un organisme de façon de plus en plus autonome, avantageuse, et adaptée. Ces causes "accidentelles" peuvent opérer aussi bien contrairement à la connotation qu'a prise le terme "accident" dans notre vocabulaire contemporain, au titre de bienheureux accidents, d'effets qui sont autant de bonnes surprises, lorsque, passés par « le filtre téléonomique », et finalement sélectionnés selon leur aptitude et leur viabilité, ils s'avèrent avantageux.

Il serait tout aussi important de s'interroger sur la raison de « cette extrême cohérence du système téléologique, qui dans l'évolution a joué le rôle à la fois de guide et de frein »,⁹⁵⁵ comme en convient Monod au chapitre 7 sur l'évolution. Pourquoi cette cohérence, d'où vient-elle, et plus largement pourquoi la nature obéit-elle à des lois ? Quand bien même celles-ci seraient variables, - et cela-même est totalement concevable-, il se trouve que l'ordre est maintenu, fût-il sorti du chaos. La téléonomie nommée ainsi, « par pudeur objective », à la place de la téléologie, fait allusion, nous l'avons déjà amplement évoqué, à la mise en place en science du postulat d'objectivité, le seul postulat vraiment scientifique qui refuse de poser une finalité dans le vivant, ou qui ne la pose que comme apparente pour finalement l'expliquer comme un mécanisme. Cela dit, cette téléonomie est responsable des fonctions du vivant. Or, la fonction, en tant que telle, peut évoquer, par analogie, une forme de finalité. De plus, si Monod constate une évolution orientée, à quoi rapporte-t-il la direction de cette orientation ? On peut la rapporter indéfiniment à une cause antécédente, selon la perspective de la méthodologie scientifique. Certes, si le processus de l'évolution est scientifiquement explicable uniquement par le fait du hasard et de la sélection naturelle, cela ne dit pas pourquoi il y a un univers et des organismes vivants qui s'y développent et s'y maintiennent. Aussi, ne peut-on pas aussi métaphysiquement considérer que la question de savoir « à qui » on la rapporte, et pas seulement à quoi, comme le recherche l'investigation scientifique, pourrait avoir une certaine pertinence, en testant raisonnablement l'hypothèse de la possibilité

⁹⁵⁴ J. Monod (1970), p. 93.

⁹⁵⁵ J. Monod, (1970) p. 159.

d'un Créateur, esprit intelligent qui la pense et tient tout dans l'existence, à chaque instant, dans son déploiement ? Car, penser une "orientation" peut-il vraiment relever du postulat d'objectivité et de la science, ou ne relève-t-il pas plutôt d'une réflexion métaphysique ? Il semble que Monod ouvre en cela un espace possible pour un champ de réflexion métaphysique qui ne soit pas nécessairement matérialiste. Penser une complexification peut effectivement relever strictement de la science mais la notion d'orientation ne fait-elle pas appel à la saisie d'un sens, d'une direction continue qui marquerait un « se diriger vers », un « en vue de » dont l'analyse se risquerait à dépasser ou à enfreindre le postulat d'objectivité ? Si la cellule bactérienne est déjà d'une immense complexité, en quoi les animaux supérieurs et l'homme en particulier revêtent-ils une complexité plus « avantageuse » ? Apparaît bien ici, une orientation vers plus de liberté, plus d'autonomie, plus d'esprit qui semble accorder de nouveaux "buts" à l'organisation du vivant, qui, tout en intégrant les anciens, fassent apparaître des potentialités tout à fait nouvelles.

D'où vient cette permanence dans le temps de l'être du vivant qui dure ? D'où vient que, totalement renouvelé dans le temps par la composition de ces atomes, il continue à demeurer identique à lui-même ? C'est le problème qu'Antoine Danchin soulève poétiquement à travers l'exemple pris de la « barque de Delphes, »⁹⁵⁶ qu'il résout en faisant appel à la notion de forme : « Ce qui fait que la barque de Delphes flotte est la forme des liens qui existent entre les planches, et nullement la nature physico-chimique de celles-ci. »⁹⁵⁷

La matière s'auto-organise selon un processus de sélection aveugle, avons-nous dit, par ailleurs chez Monod. Cependant apparaissent comme des "lois", à défaut de causes facilement décelables, inscrites dans la matière qui font que les formes tout en s'auto-organisant respectent de façon presque « éclairée » certains principes. En ce sens, il serait possible d'envisager non que la matière soit animée d'une conscience, comme le voulait à tort l'animisme, mais qu'elle soit soumise à un processus intelligible, comme si elle était pensée par un principe intelligent qui la guiderait et l'orienterait, par l'entremise de ces lois. Sélection aveugle, si l'on veut, mais « guidée », selon certains repères intelligibles inscrits en la matière elle-même. Un aveugle, guidé par quelqu'un qui voit, ne va pas « à l'aveuglette » mais avance de façon ferme et dans une direction précise. C'est sur cette distinction aveugle / guidé que s'appuie Swinburne, pour tenir à la fois aux processus naturels autonomes régis, selon l'explication darwinienne, par le hasard et la sélection naturelle, tout en les fondant rationnellement sur un principe qui donne l'être et pourrait participer à son orientation : « Darwin a donné une explication correcte de l'existence des animaux et des êtres humains,

⁹⁵⁶ A. Danchin, (1998), p. 59.

⁹⁵⁷ A. Danchin, (1998), p. 107.

mais pas, me semble-t-il, une explication ultime. L'horloge a pu être fabriquée à l'aide de tournevis aveugles (ou même avec une machine aveugle à fabriquer des horloges), mais guidés par un horloger doué d'une vue très claire. »⁹⁵⁸

La considération de la nécessité régissant tous les processus, tant aux niveaux de la réplication, de la machinerie de la traduction au cœur de l'ontogenèse, qu'au niveau de la sélection des vivants passant par l'épreuve du filtre téléonomique au long de l'évolution, est une considération d'ordre strictement scientifique.

Cette dernière n'entrave en rien la possibilité d'un raisonnement métaphysique qui consisterait à faire reposer la contingence des êtres naturels sur l'existence d'un être nécessaire. D'autant que sur ce sujet, la position de Monod pourrait même nous y inviter, lui qui dénonce bien le fait que nous nous considérons, à tort, comme des êtres nécessaires. Si le déterminisme est strictement local et déterminé, il ne doit pas masquer le caractère purement contingent de tout ce qui existe, au sens où chaque existant particulier, en tant que tel, aurait pu ne pas exister : l'existence n'est déductible d'aucune théorie. En cela, cette thèse, à notre avis, loin de faire barrage, sur un plan métaphysique, à une possible voie d'accès à l'hypothèse d'une intelligence divine, peut nous y porter. La "preuve", classiquement nommée par Leibniz, *a contingentia mundi*, plus justement qualifiée de « voie d'accès » à Dieu, établie en raisonnant à partir de la considération de la contingence du monde, se trouve envisagée, à titre de troisième voie par saint Thomas d'Aquin, dans la *Somme théologique* : « La troisième voie se prend du possible et du nécessaire. Parmi les choses, nous en trouvons qui peuvent être et ne pas être : la preuve, c'est que certaines choses naissent et disparaissent et par conséquent ont la possibilité d'exister et de ne pas exister. Mais il est impossible que tout ce qui est de telle nature existe toujours ; car ce qui peut ne pas exister n'existe pas à un certain moment. Si donc tout peut ne pas exister, à un moment donné, rien n'a existé. Or, si c'était vrai, maintenant encore rien n'existerait ; car ce qui n'existe pas ne commence à exister que par quelque chose qui existe. Donc, s'il n'y a eu aucun être, il a été impossible que rien commençât d'exister, et ainsi, il n'y aurait rien, ce qu'on voit être faux. Donc, tous les êtres ne sont pas seulement possibles, et il y a du nécessaire dans les choses. Or, tout ce qui est nécessaire, ou bien tire sa nécessité d'ailleurs, ou bien non. Et il n'est pas possible d'aller à l'infini dans la série des nécessaires ayant une cause de leur nécessité, pas plus que pour les causes efficientes, comme on vient de le prouver. On est donc contraint d'affirmer l'existence d'un être nécessaire par lui-même, qui ne tire pas d'ailleurs sa nécessité, mais qui est cause de la nécessité que l'on trouve hors de lui,

⁹⁵⁸ R. Swinburne, (2009) p. 65.

et que tous appellent Dieu. »⁹⁵⁹ Cependant, il convient de souligner que cette nécessité est à concevoir de façon "trans-causale" », étant entendu que Dieu ne peut être le premier de la série des causes naturelles. Dieu est dès lors conçu en ce sens comme « Cause des causes. » On trouve quelques siècles plus tard, en 1712, un raisonnement similaire chez Leibniz : « Supposé que des choses doivent exister, il faut que l'on puisse rendre raison, *pourquoi elles doivent exister ainsi* et non autrement. Or, cette raison suffisante de l'existence de l'univers ne se saurait trouver dans la suite des choses contingentes, c'est-à-dire, des corps et de leurs représentations dans les âmes : parce que la matière étant indifférente en elle-même au mouvement et au repos, et à un mouvement tel ou autre, on n'y saurait trouver la raison du mouvement, et encore moins d'un tel mouvement. »⁹⁶⁰ L'intérêt de l'argument, indépendamment de tout contexte scientifique quel qu'il soit, est de faire droit à la non-suffisance ontologique de la contingence des êtres naturels existant et par là, à l'affirmation d'un être nécessaire qui lui sert de fondement : « Et quoique le présent mouvement, qui est dans la matière, vienne du précédent, et celui-ci encore d'un précédent, on n'en est pas plus avancé, quand on irait aussi loin que l'on voudrait ; car il reste toujours la même question. Ainsi, il faut que la raison suffisante, qui n'ait plus besoin d'une autre raison, soit hors de cette suite des choses contingentes, et se trouve dans une substance, qui en soit la cause, ou qui soit un être nécessaire, portant la raison de son existence avec soi ; autrement on n'aurait pas encore une raison suffisante, où l'on puisse finir. Et cette dernière raison des choses est appelée Dieu. »⁹⁶¹ Leibniz utilise ce même raisonnement, de façon encore plus concise, aux § 36-37-38 de la *Monadologie* de 1714.⁹⁶²

Cependant, si l'on tient compte des apports de la philosophie naturelle qui pense l'évolution en train de se faire, dans une perspective non matérialiste, il s'avère que si cet Être nécessaire, auquel aboutit le raisonnement à partir de la contingence du monde, ne peut être dit, s'il est, seulement nécessaire. En effet, il continue d'agir, comme au commencement, selon la liberté de choix qui le fait produire à tout instant la création qu'il ne cesse de poursuivre. Si bien qu'il ne peut être compris qu'avec une intelligence et une volonté qui lui confère d'être aussi, analogiquement parlant, une personne. Ainsi, il serait plus juste d'envisager en lui, dans cette perspective un auteur, à proprement parler qu'une cause. Si l'auteur de tout ce qui est, est nécessairement, il serait cependant davantage "auteur" que "cause", au sens où il mettrait sa volonté infiniment libre au service de ce qu'il produit : l'être qu'il fait surgir comme un don, l'être de chaque être et le tout, qui est comme le résultat de sa sagesse, tout en laissant ce qu'il

⁹⁵⁹ Saint Thomas d'Aquin, [1266-1273 éd. 1485], (1984), Prima Pars, q. 2 art. 3, réponse, p. 172.

⁹⁶⁰ Leibniz (1996), p. 228.

⁹⁶¹ Leibniz [1712], (1996), pp. 228-229.

⁹⁶² Leibniz [1712], (1996), p. 251.

a créé et crée encore se développer en autonomie, et laissant spécialement l'homme à son propre conseil. Les lois inscrites au cœur du réel seraient là précisément pour permettre l'autonomie du monde et des vivants.

Il convient, donc, au terme de ces distinctions, de souligner combien Monod présente le déterminisme sous l'aspect de processus très localisés, et circonscrits, sur fonds d'un large indéterminisme. Monod se montre en particulier très sensible au fait que de toutes petites causes peuvent entraîner de grands effets, disproportionnés à la taille de la cause dont les dimensions pouvaient paraître insignifiantes

Ainsi, dans la perspective où se place Monod, si tout a une cause déterminée, les effets peuvent, dans certains cas, relever de causes accidentelles qui s'adjoignent à la détermination de la cause principale, jusqu'à modifier, par rétroaction, la cause principale elle-même. Il s'agit en l'occurrence des mutations qui viennent s'immiscer dans le dispositif- qui n'étaient pas présentes à titre de cause antérieurement et qui peuvent, si elles ne sont pas neutres, comme beaucoup le sont, nous le savons depuis Kimura, aller jusqu'à modifier les effets ultérieurs. Le fait, par ailleurs, que ces mutations neutres soient, véritablement ou non, vaines n'est pas encore clarifié de nos jours ; il se pourrait qu'elles puissent aussi bien jouer un rôle de positionnement dans l'espace favorisant des structures qui ne verraient pas le jour sans elles.

Nous voyons cependant que, dans la perspective métaphysique que nous avons ouverte, le contraire de la nécessité n'est pas tant le hasard que la contingence : le fait de pouvoir ne pas être ; et dans cette perspective, la contingence ne requiert pas, pour seule explication, le hasard. Un être contingent, c'est-à-dire qui pourrait ou aurait pu ne pas être, pourrait, dans son existence même, relever d'un être nécessaire qui le ferait advenir et le soutiendrait dans son existence, sans que, à la limite le hasard, n'eût à intervenir. C'est parce que la matière fait intervenir un élément d'indétermination que le hasard peut avoir, et a en effet, sa place. Encore une fois, dans sa contingence, un être relève directement d'un être nécessaire et le hasard pourrait n'y jouer aucun rôle. Si donc nous sommes bien non nécessaires, si le hasard peut être une réelle condition qui accompagne nos changements, il ne constitue en rien, métaphysiquement parlant, la raison de notre contingence, mais ne peut sans doute pas, les faits sont là, s'opérer sans lui. Encore une fois, il apparaît plus comme une condition de notre contingence que comme sa cause.

Au terme de toutes ces considérations qui peuvent, nous l'espérons, éclairer, par comparaisons avec des références extérieures, la spécificité du nécessitarisme en biologie moléculaire, nous

devons en conclusion de ces réflexions ne pas perdre de vue l'essentiel et le fil conducteur de notre recherche :

Sur un plan scientifique donc, la téléonomie apparaît, au niveau macroscopique, comme le résultat d'une cohérence implacable : téléonomie du vivant, lors de l'ontogenèse, déterminées par les propriétés fonctionnelles stéréospécifiques des protéines, interprétant l'information du code génétique et l'ensemble des systèmes régulateurs ; téléonomie des organismes tout au long de la phylogenèse qui vise un perfectionnement des performances, à travers une complexification de plus en plus grande de la sphère corticale et cérébrale. Sur un plan scientifique, donc, cette nécessité implacable se trouve cependant conditionnée, au gré de l'irruption des mutations qui viennent en modifier le cours.

Sur un plan métaphysique, nous voyons que cette nécessité relative, déterminée de façon locale, n'exclut en rien, la possibilité que la sélection qui opère les tris nécessaires, aveugle par elle-même, ne puisse être guidée par un principe intelligent qui peut en venir à modifier le rôle des causes matérielles et efficaces en orientant, au cours du temps, les causes finales, tout au long de ce processus de création en voie de réalisation. Dans une perspective philosophique et métaphysique, il est sans doute également possible de maintenir avec Aristote que le nécessaire est dans « la matière en vue d'une fin. « Or, il en est aussi de même dans toutes les différentes réalités dans lesquelles se trouvent du en vue de quelque chose : elles ne se produiraient pas sans les choses ayant une nature nécessaire, pourtant elles ne le font pas à cause d'elles, sauf en tant que cause matérielle mais en vue de quelque chose. »⁹⁶³ Cela dit, ce qu'Aristote ne semble pas avoir envisagé, c'est que si les fins changent, c'est au nom d'une certaine orientabilité des causes finales, précisément du fait que la création apparaît comme un processus : ce processus permet de penser que certaines causes finales puissent être orientables au cours du processus de la création. « La science ne peut en aucun cas détecter des causes finales, comme le souligne Dominique Lambert, elle peut tout au plus donner des indices qui laissent à penser que certains systèmes poursuivent un but. L'action de Dieu dans le Monde, est donc à comprendre comme un "appel". Dieu suscite, s'il le veut, le déploiement de chaînes causales dont la possibilité est inscrite dans le cosmos. »⁹⁶⁴ A ceux qui reprocherait selon une telle perspective de voir en Dieu celui qui interviendrait dès lors comme une cause physique, cet auteur fait valoir que Dieu peut « susciter, comme cause finale, la venue à l'existence, la réalisation de conditions initiales compatibles avec son projet. »⁹⁶⁵ Il cite alors des façons possibles pour Dieu d'agir, par exemple : « en suscitant une potentialité du

⁹⁶³ Aristote, *Physique* (2002) II 9, p. 157.

⁹⁶⁴ D. Lambert, (1999), p. 57.

⁹⁶⁵ D. Lambert, (1999), p. 57.

cosmos, ou encore en innovant, c'est-à-dire en appelant à l'être quelque chose qui n'était pas présent. »⁹⁶⁶ De toute façon, le matérialisme scientifique n'est pas le lieu de ce débat, lui qui s'arrête à étudier strictement le nécessaire dans la matière. Le matérialisme scientifique décrit cependant ce qui pourrait être une analogie de cette finalité, à travers la notion de cohérence, de légalité et de fonction, selon le rapport nécessaire entre structure et fonction ; ce qui peut ouvrir le champ à la recherche, sur un plan métaphysique, d'une finalité possible, en s'interrogeant sur l'identité de la source de la téléonomie envisagée à travers les performances fonctionnelles d'un vivant. Car s'il apparaît nécessaire d'introduire la nécessité pour expliquer le vivant, est-ce suffisant pour en cerner la totalité de sa réalité, c'est-dire le comprendre tel qu'il est, lui et la vie même qu'il manifeste en lui ?

DISCUSSION SUR LE COUPLE HASARD ET NÉCESSITÉ

La nouveauté de Monod consiste à ne pas exclure l'une des deux notions mais au contraire à les tenir ensemble, tout en accordant, semble-t-il, cependant une place prépondérante au hasard. Sa solution consiste à considérer chacun au bon niveau : le hasard au niveau microscopique et la nécessité, au niveau macroscopique.

Le débat contemporain entre tenants du hasard et tenants de la nécessité, qui renaît avec le débat provoqué par la thèse de *l'Intelligent design*, s'inscrit dans le débat déjà vif dès l'Antiquité entre épicuriens et stoïciens. L'argument des stoïciens, qui voient le monde comme nécessaire, régi selon un « dessein admirable » doit s'articuler avec une étude qui ne peut être d'ordre scientifique, comme le voudrait, à tort, la thèse contemporaine de l'Intelligent Design, dont nous fournirons un exemple d'argumentation pris chez Demsky, discuté par P. Clavier. Nous tenterons de montrer en quoi la thèse de *l'Intelligent Design* ne peut figurer dans un débat scientifique. La question de la finalité ne peut être que proprement métaphysique.

Il est remarquable que dans l'ouvrage *HN*, le terme de hasard soit repris très souvent, alors que celui de nécessité n'est employé, comme nous venons de le signaler plus haut que deux fois : d'une part, à la fin du chapitre 5 sur « l'ontogenèse », dans un passage déjà cité : « Une protéine globulaire, c'est déjà, à l'échelle moléculaire, une véritable machine par ses propriétés fonctionnelles, mais non par sa structure fondamentale où rien ne se discerne que par le jeu de combinaisons aveugles. Hasard capté, conservé, reproduit par la machinerie de l'invariance et ainsi converti en ordre, règle, nécessité. »⁹⁶⁷ Dernier terme à souligner. Et

⁹⁶⁶ D. Lambert, (1999), p. 57.

⁹⁶⁷ J. Monod, (1970) p. 128.

d'autre part, au début du chapitre 7, dans ce texte fameux que nous avons eu l'occasion d'analyser : « Mais une fois inscrit dans la structure de l'ADN, l'accident singulier et comme tel essentiellement imprévisible va être mécaniquement et fidèlement répliqué et traduit, c'est-à-dire à la fois multiplié et transposé à des millions et des millions d'exemplaires. Tiré du règne du pur hasard, il entre dans celui de la nécessité, des certitudes les plus implacables »⁹⁶⁸

Nous en soulignons ici une deuxième fois l'emploi.

Que signifie ce peu d'utilisation de la nécessité ? Une des raisons n'en est-elle pas que cet autre nom de la téléonomie ou du déterminisme repose totalement en définitive sur le hasard qui est premier et fondamental, au sens où il est véritablement au fondement de tout ? Il semble que pourtant l'évolution repose sur la nécessité et non sur le hasard en tant que tel. Qui du hasard ou de la nécessité est prépondérant ?

Ce débat semble s'inscrire dans l'antique débat entre stoïciens et épicuriens, les premiers tenant de la nécessité et plutôt déistes, les seconds tenant du hasard, plutôt à tendance athée : Monod fait le choix de tenir ferme à l'un et à l'autre tout à la fois, en les situant à deux niveaux de réalité différents, l'un microscopique, l'autre macroscopique, faisant pencher la balance, semble-t-il néanmoins, en faveur du hasard essentiel.

Une question métaphysique qui se pose est de savoir si reconnaître une forme de « dessein intelligent » dans la nature, c'est-à-dire le contraire du hasard qui désigne, par définition, une absence d'intentionnalité, est pensable ?

Les tenants de l'argument contre le hasard s'inscrivent dans une longue tradition, remontant à Cicéron, qui, à l'instar de tous les stoïciens, et en particulier de son maître Posidonius, s'opposent aux épicuriens, à plusieurs reprises, en particulier dans le *Traité de la divination*, en traitant la question en ces termes : « Le hasard peut-il annoncer un résultat totalement véridique ? En jetant quatre osselets au hasard, il se peut qu'on obtienne le coup de Vénus, mais si l'on en jetait quatre cents, obtiendrait-on cent fois ce même coup ? Des taches de couleur dispersées sur un tableau peuvent, par rencontre, esquisser un visage, mais crois-tu que, par ce procédé, l'on arrive à tracer une figure égalant en beauté la Vénus de Cos ? Un porc a, de son groin, dessiné sur le sol la lettre A, concluras-tu qu'il pourrait écrire l'Andromaque d'Ennuis ? (...) Une rencontre fortuite ne donnera jamais rien qui possède la perfection de l'art véritable. »⁹⁶⁹ Dans le traité du *De Natura deorum*, Cicéron écrit encore : « Qui admet la possibilité d'une telle génération, je ne conçois pas pourquoi il n'admettrait pas aussi que les 21 caractères de l'alphabet répétés en n'importe quelle matière à d'innombrables

⁹⁶⁸ J. Monod, (1970) p. 155.

⁹⁶⁹ Cicéron, *De la divination*, XIII.

exemplaires si on les jette à terre, peuvent se disposer de façon à former un texte bien lisible dans les annales d'Ennuis. »⁹⁷⁰

Que déduire de cette observation ? Doit-on reconnaître un dessein intelligent ? Voltaire dans son petit dialogue entre Lucrèce et Posidonius fait dire à Posidonius, en parlant de la nature : « Je vois un dessein admirable, et je dois croire qu'un être intelligent a formé ce dessein. »

Cette position est, nous devons l'identifier comme telle, proprement métaphysique, et en cela elle ne rejoint en rien la théorie contemporaine de *l'Intelligent Design* qui se veut strictement scientifique. Le mouvement américain de l'Intelligent Design veut apporter la preuve d'un designer présent dans le processus des causes qui régissent la nature, au sens où ce designer serait patent et objectivable, à tout le moins strictement déductible des processus physiques.

Scientifiquement parlant, la thèse de *l'Intelligent Design*, défendue par Behe⁹⁷¹ et de nombreux adeptes du créationnisme américain n'est pas tenable, car l'hypothétique designer ne fera jamais l'objet d'une expérience scientifique, étant immatériel. L'argument de Behe, à propos de la complexité irréductible, ne porte pas non plus. En effet Behe dans son livre *La boîte noire de Darwin*, affirme que l'évolution darwinienne ne peut pas rendre compte de la complexité de la cellule vivante. Or, comme le justifie Miller, « la notion de complexité irréductible est un non-sens. L'évolution assemble des machines biochimiques complexes, à partir de petits assemblages en état de marche et adaptés pour cadrer avec de nouvelles fonctions. Et les composants des machines biochimiques complexes sont eux-mêmes assemblés à partir de plus petites machines développées par la sélection naturelle. »⁹⁷² Cependant, sur un plan métaphysique, il est possible d'avancer que le concept de dessein intelligent conserve toute sa force. C'est en voyant, en particulier, l'ordonnement des systèmes qui régissent le vivant que l'on peut concevoir une intelligence qui les conçoit et leur donne leur consistance.

Dans ce sens, c'est par la notion de tendance à l'ordre qu'André Lwoff va distinguer la vie de tous les autres phénomènes physiques : « Les phénomènes biologiques se distinguent comparativement aux phénomènes physiques par un ordre remarquable dans leur structure spatiale et dans leur évolution temporelle. Au point qu'on peut faire de cette tendance à l'ordre, au maintien et à la génération de celui-ci, la propriété caractéristique définissant la « vie » et distinguant un « être vivant » des « artefacts et des objets inanimés ». Paul Clavier analyse la thèse de *l'Intelligent design* défendue, entre autres, par Demsky et fait valoir que cette thèse en elle-même voulant introduire le concept de Dieu au cœur des processus

⁹⁷⁰ Cicéron, (2000) *De la nature des dieux*, II, 37, p. 212.

⁹⁷¹ M. Behe, (2006).

⁹⁷² K. Miller, (2009) p.190.

naturels, dans le champ scientifique, fait fausse route. Demsky veut désigner une information extra-matérielle à propos de cette tendance à l'ordre. Certes, Paul Clavier envisage dans la matière une possible orientation analysable scientifiquement, qui interroge la métaphysique, mais qui n'est pas et ne peut être la preuve scientifique d'un designer.

Voici l'exemple, relaté par Paul Clavier, que prend Demsky dans *The logical underpinnings of intelligent design*, ne faisant que reprendre, en termes plus contemporains, l'argument déjà soutenu par Cicéron dans le *De natura deorum*⁹⁷³ et repris à maintes reprises sous des formes différentes, au cours des siècles précédents : « Considérons un espace de configuration comprenant toutes les séquences de caractères qui peuvent être obtenus à partir d'un alphabet donné (des espaces de ce genre permettent de modéliser non seulement les textes écrits mais également des polymères comme l'ADN, l'ARN et les protéines). Des espaces de configuration comme celui-ci sont parfaitement homogènes, une chaîne de caractères étant géométriquement interchangeable avec la suivante. Dans ces exemples, pour générer de la complexité spécifiée, ce ne sont pas des mécanismes matériels qui sont requis mais une information sémantique extra-matérielle (dans le cas de textes écrits) ou une information fonctionnelle (dans le cas des biopolymères). Prétendre montrer que cette information sémantique ou fonctionnelle se réduit à des mécanismes matériels, cela revient à dire que les lettres du Scrabble ont en elles-mêmes des dispositions préférentielles à être séquencées de telle ou telle manière. Ce qui est faux. »⁹⁷⁴

En réponse à cela, Paul Clavier⁹⁷⁵ fait valoir une possible validité à cette dernière hypothèse d'une orientation possible dans ces lettres, hypothèse rejetée par Demsky. Il explique que dans le vivant, nous ne sommes pas précisément devant des lettres de Scrabble, puisque si lettres il y a, celles-ci semblent justement orientées du fait qu'elles recèlent une puissance interne de s'auto-organiser. « Les lettres du Scrabble auraient en elles-mêmes des dispositions préférentielles à être séquencées de telle ou telle manière. C'est ce que Demsky exclut formellement. Mais de quel droit ? S'il est vrai que dans un jeu de Scrabble normal, les pavés ne sont pas équipés d'électroaimants sélectifs favorisant telle ou telle séquence de lettres, le biologiste lui, ne peut et ne doit expliquer l'arrangement des molécules et des chaînes composées des acides aminés que sur la base des propriétés structurelles ou éventuellement émergentes de leurs composants. »⁹⁷⁶

⁹⁷³ Cicéron, (2000) *De natura deorum*, II, 37, p. 212.

⁹⁷⁴ P. Clavier, (2012), p. 83.

⁹⁷⁵ P. Clavier, (2012), p. 101.

⁹⁷⁶ P. Clavier, (2012), p. 101

L'auto-organisation de la matière manifeste une autonomie au sein de la nature qui en révèle sa consistance propre, et qui la laisse à son propre développement. Cette autonomie est à respecter en tant que telle.

Cela laisse ouverte une question d'ordre métaphysique car dans l'hypothèse de lettres orientées, d'où proviendrait le fait qu'elles le soient, sinon d'une source d'information ? Paul Clavier en convient puisque, pour que cette hypothèse soit viable, il suggère la possibilité d'un « trucage astucieux », avec « l'intervention d'une intelligence conceptrice (...) en amont. »⁹⁷⁷ Tout le problème viendrait précisément de ce que cette source d'information n'est pas identifiable matériellement. Un scientifique pourrait dire au mieux qu'il y a de l'information, en raison des conditions initiales et des lois qui font qu'il y a de l'information. Mais, comme le souligne Paul Clavier, la question de savoir d'où viennent ces lois, et l'hypothèse d'une source d'information intelligente échappe à l'explication scientifique elle-même, car elle n'est pas de son ressort. Cependant, ce problème qui échappe à la science en tant que telle peut devenir une véritable question au sens métaphysique du terme. Il faut se départir de cette ambition de vouloir la traiter au niveau scientifique, car, de fait, l'hypothèse d'une source d'information ne peut être introduite à l'intérieur de l'explication scientifique ; cependant, cette hypothèse prend toute sa valeur en métaphysique ; car s'il est vrai que « le biologiste, et tout chercheur sérieux en sciences de la nature, doit en rester aux causes secondes (aux processus matériels faisant intervenir des entités physiques ou biologiques avec leurs propriétés spécifiques) »,⁹⁷⁸ l'hypothèse d'une cause première s'offre tout autant à l'intelligence qui peut, par un raisonnement métaphysique inductif, remonter vers elle, en la considérant comme un « bon candidat » à l'existence. » Comme le propose Paul Clavier en conclusion de son livre *Qu'est-ce que le créationnisme ?* « le raisonnement causal par lequel le métaphysicien théiste pense pouvoir remonter du monde à sa cause première prend comme point de départ l'examen de chaînes causales physiques, et se demande s'il est concevable de les prolonger indéfiniment vers le passé, ou encore si, même ainsi prolongées, elles ne réclament pas une explication plus profonde (pourquoi y a-t-il des lois de la nature ?). »⁹⁷⁹ Paul Clavier en vient à montrer, par un raisonnement par l'absurde, qu'affirmer que la nature n'aurait pas cette puissance d'autonomie en elle-même et par elle-même, en viendrait à faire de ce *Designer* un être qui interviendrait et agirait en lieu et place des causes secondes, privées ainsi de liberté, à la manière du Dieu de Malebranche, pour qui les causes secondes ne sont que des causes occasionnelles, au sens où elles confèrent à Dieu, par leur simple présence, l'occasion d'intervenir. Malebranche soutient

⁹⁷⁷ P. Clavier, (2012), p. 101.

⁹⁷⁸ P. Clavier, (2012), p. 101.

⁹⁷⁹ P. Clavier, (2012) p. 123.

par exemple que lorsque quelqu'un sent quelque chose, c'est Dieu qui intervient pour lui faire éprouver cette sensation. C'est tout le sens de la remarque suivante : « Si, comme le veut Demsky, l'Intelligence conceptrice est démontrée, alors le doute peut s'installer : toutes les séries causales que nous avons prises pour des lois physiques sont peut-être des miracles. Mais alors il n'y a plus de lois, de causes naturelles, de probable et d'improbable. On tombe dans une forme d'occasionnalisme. »⁹⁸⁰ Cette critique était déjà celle de Leibniz, accusant, à maintes reprises, dans le *Système nouveau de la Nature* la thèse de Malebranche d'avoir fait des causes occasionnelles tout autant de "miracles" qui se manifestent à chaque occasion. Leibniz s'oppose au fait de rapporter à la volonté de Dieu ce qui peut s'expliquer par des causes naturelles. Selon lui, « si vous n'alléguez que la volonté de Dieu pour cela - il le dit ici à propos des atomes, mais cela peut se généraliser pour tout propos concernant les phénomènes naturels - vous recourez à un miracle, et même à un miracle perpétuel : car la volonté de Dieu opère par miracle, toutes les fois qu'on ne saurait rendre raison de cette volonté et de son effet par la nature des objets. »⁹⁸¹

Il semble toutefois qu'il soit possible d'apporter une considération qui fasse droit à un regard métaphysique possible d'un scientifique, dans son exercice de scientifique. En effet, il reste que, dans le cas de l'hypothèse des lettres orientées, le biologiste reconnaît le fait de « l'orientation », quand bien même il ne peut poser scientifiquement la cause intelligente de celle-ci et ne peut jamais la trouver, car elle est méthodologiquement exclue de son champ d'investigation.

Reconnaître un dessein **dans** la nature, ce n'est pas poser un dessein de la nature, qui serait pourvue d'intention.

Or, pour Monod, il semble en définitive n'y avoir, à ses yeux, aucun projet ni de la nature, bien évidemment, ni, **dans** la nature, finalité que la science ne peut établir. Si la nature n'est pas scientifiquement conçue comme finalisée, la nature exclut-elle, pour autant, l'appel à un dessein divin sur un plan ontologique et métaphysique? Tout dépend de la portée du choix métaphysique que donne Monod à propos du fondement du postulat d'objectivité. En s'appuyant sur ce postulat, Monod le considère-t-il uniquement au service de la méthodologie scientifique ou considère-t-il qu'il s'applique-t-il également à la compréhension ultime du réel ?

⁹⁸⁰ P. Clavier, (2012) p. 124.

⁹⁸¹ Leibniz, [1695], (1996), p. 173.

En effet, on peut considérer que des questions métaphysiques demeurent, par-delà l'articulation strictement scientifique du hasard et de la nécessité. On peut tout autant considérer que tout est dit et que le seul discours valable et légitime est proprement scientifique, et qu'aucune vérité ne va pas au-delà de ce discours ; ce qui reviendrait à énoncer qu'il n'y a aucun type de discours vrai et valable, en tant que pouvant donner accès à une vérité, hormis celui de la science, ce qui deviendrait précisément la position d'un matérialisme métaphysique strict.

Une question persiste pourtant qui porte sur l'origine de la matière. On peut partir d'un argument utilisant une métaphore pour en faire comprendre la portée. On entend fréquemment énoncée, venant de multiples sources différentes, la comparaison rebattue selon laquelle affirmer que le hasard ait pu engendrer la complexité morphologique et fonctionnelle spécifique de la vie équivaut à accepter de gagner à la roulette des milliards de fois à la suite. À supposer qu'un tel résultat soit possible, et scientifiquement réalisable, comme le postule et veut le prouver sans doute à terme la recherche scientifique, il demeurera qu'il restera toujours à s'interroger métaphysiquement sur la question de l'origine de cette roulette.

Cette question est différente de la question d'ordre scientifique, portant sur les propriétés de l'énergie primitive. Selon certains, il faudrait qu'elle soit telle que les simples éléments qui existaient dès l'origine rendent possible le déploiement de la vie des organismes, jusques et y compris, le cerveau humain. Saint Augustin avait déjà eu l'intuition très précise de la possibilité de cette hypothèse, indépendamment du fait que la science de son temps était, bien évidemment, très peu avancée comparée à la nôtre ; nous voyons ici que son analyse s'applique à envisager des conditions de possibilité qui permettraient le déploiement des éléments matériels à travers le temps. « Tous les êtres qui naissent de façon matérielle et visible ont certainement quelques germes latents (*occulta quaedam semina*) dans les éléments matériels de notre monde. »⁹⁸² Cette idée s'appuie, en partie, sur l'idée des logicoi spermatikoi d'inspiration stoïcienne. On la retrouve explicitée de façon un peu différente dans le passage suivant : « De même que dans la graine se trouve invisiblement et simultanément tout ce qui, au cours du temps, s'est développé en arbre, de même on doit penser, puisque Dieu a créé simultanément tout ce qui a été fait, en lui et avec lui, quand le jour a été créé, non seulement le ciel et la lune et les étoiles(...), mais encore, en puissance et dans leur cause (*potentialiter et causaliter*), tous ces êtres que l'eau et la terre ont produits, jusqu'à ce que dans la suite des temps, ils ne surgissent, tels qu'ils nous apparaissent maintenant. »⁹⁸³

⁹⁸² Saint Augustin, *De Trinitate* III, ch.8, n°13.

⁹⁸³ Saint Augustin, *De genesi ad litteram*, V, ch.23, n°45 et VI ch.13 n°25.

À supposer même que les sciences parviennent à expliquer un jour parfaitement les causes du surgissement de ces premiers éléments, la raison pour laquelle ils sont tels, et admettant même qu'elles considèrent comme complètement caduc ce schéma aristotélicien d'une potentialité qui s'actualise, repris ici par saint Augustin d'une certaine manière, comme le suggèrent les aperçus de Monod, les sciences ne peuvent expliquer cependant pourquoi les éléments matériels sont, tout court. Selon la précieuse distinction d'Étienne Klein⁹⁸⁴, si la science résout un jour la question de savoir d'où vient l'univers, il reste la question ultime, que la science ne peut résoudre, n'étant pas de son ressort, mais sur laquelle la métaphysique peut esquisser des propositions, et poser la question proprement métaphysique qui est : « d'où vient qu'il y a un univers ? » Cette question rejoint tout à fait la question de Leibniz qui jugeait que l'une des deux véritables questions métaphysiques consistait à se demander « pourquoi y-a-t-il quelque chose plutôt que rien » ?⁹⁸⁵

Cela dit, si le hasard est traité comme tel longuement dans *HN*, la nécessité en moindre part, celle-ci apparaît très présente à travers la téléonomie, qu'étudie de près Monod.

Un autre aspect du débat serait de s'interroger sur la question problématique qui consiste à se demander comment expliquer que la nécessité naisse du hasard. Monod l'explique par la sélection naturelle. Du hasard peut venir toutes les combinaisons. La présence des gènes régulateurs, par exemple, qui font gagner du temps en permettant une expression des gènes réglée s'est-elle mise en place à coup d'essais et d'erreurs ? Pour qu'il y ait rencontre de deux séries causales indépendantes, il faut bien qu'il y ait deux séries causales antérieures. Le hasard est une cause "automaton", une spontanéité qui s'exprimerait comme une spontanéité possible inhérente au vivant. La nécessité exprime davantage les contraintes en vue d'une expression sinon déterminée, du moins régulière, et permettant l'expression de performances. Mais avec cette notion de « performance » téléonomique, nous touchons aussi à une notion délicate. Ne vise-t-elle pas une notion d'énergie d'une forme qui se déploie à travers le temps et va en se perfectionnant ? Par conséquent, la faculté de se perfectionner ne viserait pas uniquement « une qualité spécifique qui distingue l'homme de l'animal », ⁹⁸⁶ comme le voulait Jean Jacques Rousseau, mais une qualité inhérente au vivant en tant que tel.

Donc, pour conclure, disons que cette articulation Hasard/ Nécessité, soutenue par Monod, éclairante d'un point de vue scientifique, ne résout pas tout. Par-delà cette articulation hasard et nécessité, on envisagera deux questions qui demeurent :

⁹⁸⁴ E. Klein, (2010) *Discours sur l'origine de l'univers*, p. 9. Flammarion.

⁹⁸⁵ G.W. Leibniz, [1714], (1996) *Principes de la nature et de la grâce*, §7, p. 228.

⁹⁸⁶ Jean Jacques Rousseau, *Discours sur l'origine et les fondements et de l'inégalité parmi les hommes*, Gallimard, Bibliothèque de la Pléiade, p. 142.

Une question d'ordre strictement scientifique portant sur « d'où vient l'univers » et une question subséquente qui consisterait à se demander comment penser les premiers éléments rendant possible le déploiement de la vie ? Questions qui seront peut-être un jour réglées par la science car elles paraissent relever de son domaine, quand bien même les hypothèses, non seulement physiques et biologiques, mais aussi- et en raison du fait qu'elles sont - historiques, sont délicates en la matière.

Une question d'ordre métaphysique : car, à supposer que la question de la provenance du vivant soit totalement élucidée sur un plan scientifique, il restera toujours la question d'ordre proprement métaphysique, selon la distinction d'Etienne Klein, à savoir : « d'où vient qu'il y a un univers ? » Cette question ne porte pas sur les causes efficientes ou matérielles de l'univers, mais sur la possibilité d'une cause transversale, ou d'une responsabilité trans-causale d'un Être envisageable comme Cause des causes. A la fois donc, cause et auteur. Une autre question, qui surgit immédiatement après ici, mais qui est, en fait, tout à fait liée simultanément à la première, serait la question posée par Leibniz, à savoir « pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien. »⁹⁸⁷ La réflexion se porterait dès lors sur les causes finales, selon la distinction de Leibniz entre les causes et les raisons et appartiendrait par conséquent en propre à un domaine qui n'est pas celui de la science mais sur lequel la recherche métaphysique peut et - devrait- garder toute sa légitimité. Car l'homme n'est peut-être pas un être, à tort ou à raison, qui se contente, pour toute réponse, du « sans pourquoi » des êtres et des choses.

Après avoir traité de ce couple hasard/nécessité, traitons à présent de l'autre couple conceptuel que Monod pense également tout à fait inséparable : le couple invariance/téléonomie, davantage conçu selon le couple émergence/téléonomie dans les écrits antérieurs, puis fortement conceptualisé dans *HN* en invariance et téléonomie ; fortement, car en définitive, c'est sur ce pivot et sur la priorité ou la primauté accordée à l'invariance que Monod va asseoir toute l'originalité de sa philosophie naturelle.

II. Le couple de concepts invariance/téléonomie.

La thèse de Monod en effet est que « l'émergence doit nécessairement précéder la téléonomie », comme il est dit dès la *Leçon inaugurale*, et que ce n'est pas l'inverse comme le stipulent tous les vitalismes et animismes confondus, y compris le matérialisme dialectique. Si la téléonomie est le processus de la structure des protéines dans leurs interactions,

⁹⁸⁷G.W. Leibniz, [1712], (1996) *Principes de la Nature et de la Grâce*, §7, p. 228.

l'émergence qui se déploie dans l'invariance est le processus qui relèverait du code, ce qui fait qu'il préexisterait à la téléonomie exprimée dans l'assemblage des protéines codées. Rappelons qu'au chapitre 1 de *HN*, Monod définit les trois propriétés du vivant : la téléonomie, la morphogenèse autonome et l'invariance reproductrice. La téléonomie définit le projet de tous les êtres vivants qui consiste à conserver l'intégrité de leur structure et à la reproduire. À l'inverse, la définition de la téléonomie est plus subjective, donc imprécise, et plus difficilement qualifiable, car cette notion est d'une extension beaucoup plus large : elle revêt le sens de tout ce qui contribue au « projet » de se multiplier et d'évoluer. « Notion qui cependant à l'analyse, de l'aveu de Monod lui-même, se révèle profondément ambiguë, puisqu'elle implique l'idée subjective de " projet ".⁹⁸⁸ Mais Monod entend objectiver cette notion de projet le plus possible ; c'est pourquoi, il tente de calculer encore de façon quantifiable la mesure de cette puissance téléonomique. Il dit en ce sens : « Toutes les activités, toutes les performances qui contribuent au succès de cette transmission d'information sont des phénomènes téléonomiques. Cependant, les opérations téléonomiques peuvent toutes individuellement être considérées comme des transferts d'information. On peut alors suggérer que la quantité d'information qu'une espèce donnée doit en moyenne transférer, au cours de sa vie, pour assurer la transmission à sa descendance de son contenu d'émergence, est une mesure de sa "puissance" téléonomique minimale. Cette définition insuffisante présente au moins l'intérêt d'" objectiver le finalisme biologique", et, tout en distinguant entre les deux propriétés paradoxales, de préciser leur intime relation. »⁹⁸⁹ Monod a bien conscience du caractère très imbriqué et de la relation presque circulaire entre ces deux notions que sont l'émergence et la téléonomie. Il perçoit la radicale dépendance de ces deux propriétés dès la *LI* : « Il est clair que ces deux propriétés paradoxales, par quoi les systèmes vivants paraissent se distinguer radicalement des non-vivants, ne sont pas indépendantes, mais au contraire étroitement associées, puisque le "projet" téléonomique, c'est la multiplication de l'espèce, propriété d'émergence. »⁹⁹⁰

Dans son cours au Collège de France entre 1969-1970 également, Monod précisait un élément supplémentaire à propos de ce qu'il avait appelé téléonomie dans sa *Leçon inaugurale*. Il s'agit de désigner par-là l'adaptation fonctionnelle de tout vivant. Il s'agit proprement, dit-il alors, « de toutes les caractéristiques de structures et de performances des êtres vivants qui démontrent leur propriété d'extrême adaptation fonctionnelle ». Il redira dans *HN* que la téléonomie est « l'une des propriétés fondamentales qui caractérisent tous les êtres vivants

⁹⁸⁸ J. Monod, (1970) p. 30.

⁹⁸⁹ J. Monod, (3 novembre 1967), p. 5.

⁹⁹⁰ J. Monod, (3 novembre 1967), p. 5.

sans exception : celle d'être doués d'un projet qu'à la fois ils représentent dans leurs structures et accomplissent dans leurs performances. »⁹⁹¹ Il convient, en effet pour Monod, de reconnaître l'irréductibilité de certains faits de finalité au sein d'une explication par les causes mécaniques. C'est pourquoi, Monod introduit le terme de « téléonomie ». Il faut cependant comprendre que ce terme vise une finalité non intentionnelle, afin de caractériser le fonctionnement intégré de l'unité biologique. Toujours dans cette même *Leçon inaugurale*, Monod relève déjà les deux propriétés du vivant qui sont l'émergence et la téléonomie, cette dernière étant en fait « la finalité ». Comme le reconnaît Monod lui-même alors, non sans humour et simplicité, mais aussi avec une conscience aiguë du paradoxe qu'il va devoir assumer, au vu du respect méthodologique que la science doit au postulat d'objectivité : « La téléonomie, c'est le mot qu'on peut employer, si, par pudeur objective, on préfère éviter finalité. » Faisons remarquer que cette pudeur est dite « objective » en ce qu'elle respecte précisément le postulat d'objectivité. La notion de téléonomie vient remplir l'espace qui séparait la biologie du pur mécanisme en forgeant l'idée d'une finalité non-intentionnelle. C'est Colin Pittendrigh qui, dans les années cinquante, en 1958 exactement, assigne comme programme à la biologie moderne de fournir une explication mécanique aux finalités biologiques. Pour cela, il suggère de remplacer les explications téléologiques anciennes à l'aide de processus finalisés intentionnels, à la manière de nos propres actions intentionnelles, par des processus finalisés non intentionnels, qu'il qualifie de téléonomiques.⁹⁹² C'est ce programme de Pittendrigh que reprend Monod en reprenant ce terme afin de pouvoir, grâce aux découvertes de la biologie moléculaire illustrer ce concept et l'utiliser pour rendre compte des processus du vivant qui apparaissent finalisés. Il s'agit donc, pour ainsi dire, d'une finalité formelle au sens où, comme dit Kant, « nous pouvons observer une finalité au point de vue de la forme, sans mettre à son fondement une fin (comme étant la matière du *nexus finalis*) et la remarquer dans les objets, mais, il est vrai, seulement par réflexion. »⁹⁹³ Cette sorte de finalité peut, sans doute, encore faire appel à une finalité relative externe.⁹⁹⁴ En tout cas, la téléonomie nie la finalité interne au sens kantien qui définit « un produit organisé de la nature comme celui en lequel tout est fin et réciproquement aussi moyen ; et surtout où il « n'est rien en ce produit, qui soit susceptible d'être attribué à un mécanisme naturel aveugle. »⁹⁹⁵ Elle n'est pas davantage, et sans doute, encore moins, la finalité aristotélicienne qui est le « en vue de quoi » sont mises en œuvre toutes les fonctionnalités et, par-là, les structures du vivant.

⁹⁹¹ J. Monod, (1970) p. 25.

⁹⁹² C. Pittendrigh, (1958) p. 51.

⁹⁹³ Kant [1790], (1968), §10, p. 63 et §62 p. 183.

⁹⁹⁴ Kant [1790], (1968), §63, p. 188.

⁹⁹⁵ Kant [1790], (1968), §66, p. 195.

Bref, il s'agit d'une finalité mécanique, si tant est que ces deux termes accolés aient un sens, comme a tenté de leur en donner un G. Canguilhem, dans son ouvrage *La connaissance de la vie*.⁹⁹⁶ La morphogénèse autonome est l'édification par ces êtres vivants de structures autonomes, indépendamment de tout agent extérieur, à partir de leurs seules forces internes. L'invariance reproductive consiste en la transmission de génération en génération du matériel génétique de l'espèce, c'est-à-dire de l'information correspondant à sa propre structure.

Ce couple de concepts invariance/téléonomie apparaît comme un élément de critère de classement fondamental de la bonne ou de la mauvaise philosophie naturelle pour Monod selon l'antériorité du premier ou du second. Pour être plus précis encore, le critère de l'antériorité de l'invariance permet d'établir la seule qui soit la bonne, celle que propose Monod, influencé, certes, en cela par certains courants antérieurs tel le platonisme et le cartésianisme. Ce critère permet également par conséquent de refuser toutes celles, nombreuses, qui sont mauvaises, malgré leur diversité, leurs oppositions, voire leurs contradictions, au motif qu'elles placent la téléonomie au fondement de leur conception, ce qui fait que celle-ci précède indûment l'invariance. Monod relève ce même défaut, cette même erreur fatale, chez tous ceux qu'il qualifie soit d'animistes soit de vitalistes - à une exception près, le philosophe Bergson, comme nous allons le justifier - et les condamne pour cette même et unique raison.

Monod traite, d'une part, ensemble tous les penseurs du courant qu'il range sous ce vocable d'« animiste » : il voit la téléonomie comme première aussi bien chez Leibniz que chez un idéaliste comme Hegel ou encore dans la philosophie marxiste dont le schéma hégélien est repris, mais de façon inversée, avec le remplacement de l'esprit par la matière, tout autant que dans la philosophie positiviste de Spencer ou la pensée chrétienne d'un Teilhard de Chardin. Cette grille de lecture est en soi intéressante car innovante : effectivement, elle permet de rapprocher des auteurs et des courants de pensée qui apparemment, dans l'histoire de la philosophie, n'avaient pas grand-chose en commun. Pour Monod, toutes ces visions du monde tombent sous le coup d'un même qualificatif les rassemblant : elles sont toutes profondément « animistes » au sens où elles prêtent une intention à la nature depuis l'inerte jusqu'au vivant : pour toutes, la matière s'anime progressivement et l'univers entier se dirige dans une direction préétablie à l'avance. Pour tous ces penseurs, la téléonomie est première au sens où ils envisagent une finalité de la nature qui se déploie selon une sorte de projet décelable par la raison, à l'insu, le plus souvent, des individus pris collectivement ou de chaque homme pris individuellement. Cette philosophie animiste, quel que soit le vêtement conceptuel qu'elle

⁹⁹⁶ G. Canguilhem, (2009), pp. 130-164.

emprunte, effectue une projection « dans la nature inanimée de la conscience qu'a l'homme du fonctionnement intensément téléonomique de son propre système nerveux central. »⁹⁹⁷ Le déploiement de cette nature inanimée progresse de façon continue, selon un processus nécessaire et inéluctable.

Monod considère d'autre part que les vitalistes posent, eux aussi, cette finalité comme première, bien qu'ils se distinguent des animistes par leur conception du vivant puisque, pour eux, à la différence des animistes, l'animé est en rupture avec le monde inanimé. S'ils se distinguent de l'animisme par une conception plus restreinte si l'on veut du vivant, comme le voyant totalement à part dans la biosphère, s'ils insistent sur la différence radicale entre l'inerte et le vivant, et n'appliquent pas la téléonomie à l'univers dans son ensemble, en revanche, ils commettent la même erreur épistémologique que l'animisme, à savoir que, pour eux, c'est toujours la téléonomie qui précède l'invariance. Seule une philosophie vitaliste a grâce aux yeux de Monod, c'est la philosophie de Bergson, étant exempte de ce travers : en ce que si elle pense un « élan » ou « un courant de vie » de façon vitaliste, en revanche elle nie, d'une certaine façon, qu'il y ait finalité dans la création. Son tort cependant, aux yeux de Monod, est d'être plus poétique ou mystique que proprement rationnelle ou philosophique. Mais le vitalisme « métaphysique » bergsonien figure bien comme une exception, en raison de ce critère absent de téléonomie, au fondement de la vie des organismes. Tous les autres vitalismes que Monod range sous la catégorie de « scientifiques », pour leur part, sont récusés par ce dernier, c'est-à-dire qu'ils sont en réalité à ses yeux pseudo-scientifiques, relevant de la même critique que celle adressée à tous les animismes. Monod cite Elsässer et Polanyi, et les conteste à plusieurs reprises dans *HN*.

Monod va plus loin encore car il va considérer non seulement comme erronées mais même mensongères toutes les philosophies et les religions qui placent la téléonomie au fondement de l'invariant. En effet, elles deviennent conscientes de leur erreur en prenant connaissance des progrès de la science et c'est uniquement par mauvaise foi qu'elles refusent de réviser leur point de vue. Aux yeux de Monod, la seule philosophie de la nature qui soit vraie et véritablement authentique est celle qui, conformément à la science contemporaine, et en particulier conformément aux apports de la biologie moléculaire, s'appuie sur la découverte de l'invariance comme première à la fois chronologiquement, et logiquement, dans le temps et dans son principe, au fondement même de la téléonomie. Monod part de la découverte de ce qui fait qu'un être est vivant : de l'invariance dans le code génétique qui réside dans le noyau de chaque cellule de l'être vivant, qui va ensuite s'exprimer en multiples protéines

⁹⁹⁷ J. Monod, (1970) p. 49, ch.2 « Vitalismes et animismes. »

constituées dans le cytoplasme de chacune des cellules, site de la téléonomie. La première cellule va se répliquer par division des deux brins d'ADN et ainsi de suite. Sans cette invariance première d'instructions écrites dans la double hélice des brins d'ADN, la transcription en ARN, puis la traduction en protéines ne pourrait s'effectuer. C'est donc au cœur même d'une cellule vivante que Monod voit déjà se réaliser cette dualité invariance/téléonomie. C'est ce qu'il présente dès le chapitre 1 de *HN* : « La distinction entre téléonomie et invariance n'est pas une simple abstraction logique. En effet, des deux classes de macromolécules biologiques essentielles, l'une celle des protéines, est responsable de presque toutes les structures et performances téléonomiques, tandis que l'invariance génétique est attachée exclusivement à l'autre classe, celles des acides nucléiques. »⁹⁹⁸ Rappelons que cette distinction reste valable pour tous les organismes vivants, qu'ils soient procaryotes ou eucaryotes : pour les êtres eucaryotes, les acides nucléiques, les deux types d'acides ADN et ARN, se situent dans le noyau, doué du message génétique contenu dans le code, tandis que les protéines, quant à elles, s'expriment dans le cytoplasme. L'expression pour les procaryotes, comme les bactéries, se fait de façon similaire. Comme le dit Monod : « Le plan d'ensemble de la chimie de la cellule bactérienne est le même que celui de tous les autres êtres vivants. Elle emploie le même code génétique et la même mécanique de traduction que les cellules humaines par exemple. »⁹⁹⁹ Au chapitre 6 consacré à « l'invariance et ses perturbations », Monod souligne très clairement que « l'invariant biologique fondamental est l'ADN » qui garantit et préserve tant l'invariance de chaque individu par la répllication de la cellule-mère ou gamète que l'invariance de chaque espèce. Le nombre de chromosomes est celui d'une espèce définie. Rappelons par exemple, que pour l'homme, c'est 2 fois 23 chromosomes, donc 46 chromosomes qui définissent son espèce. Monod précise que « c'est la reproduction, *ne varietur*, à chaque génération cellulaire du texte écrit sous forme de séquence de nucléotides dans l'ADN, qui assure l'invariance de l'espèce. »¹⁰⁰⁰ Cette invariance, affirmée scientifiquement, voit le triomphe des « platoniciens », ce qui n'échappe pas à Monod faisant remarquer que : « Les espoirs des " platoniciens" les plus convaincus étaient plus que comblés. »¹⁰⁰¹ Vu le caractère nouveau dans les années 1970 de la découverte de l'invariance génétique, on peut d'emblée se montrer ouvert à l'éclairage inédit qu'apporte Monod. On voit qu'il amorce une nouvelle compréhension du vivant **et l'on peut avancer plusieurs raisons de la pertinence de Monod à éclairer son propos par la philosophie naturelle qu'il va défendre à l'aide de la primauté accordée à l'invariance**. On pourrait

⁹⁹⁸ J. Monod, (1970) p. 33.

⁹⁹⁹ J. Monod, (1970) p. 181.

¹⁰⁰⁰ J. Monod, (1970) p. 138.

¹⁰⁰¹ J. Monod, (1970) p. 138.

distinguer ici, les différents motifs, de nature objective, qui anime Monod, des mobiles, plus subjectifs.

Ses motifs sont avant tout d'ordre scientifique, de façon explicite :

Monod parle tout d'abord d'invariance lorsqu'il considère l'invariance reproductive propre à chaque espèce, dès le chapitre 1 de *HN*. Autrement dit, il parle d'invariance lors de la fusion des cellules reproductrices mâles et femelles dans un nouveau code génétique qui va donner naissance à un nouvel être vivant, appartenant à une espèce bien spécifique. Il s'agit bien ici de l'invariance du code génétique, dans le cadre de la reproduction.

Mais il parle aussi d'invariance, au chapitre 6, « Invariance et perturbations », pour expliquer la formation de l'être vivant. Monod considère alors l'invariance répliquative de ce même code lors de la division des deux brins qui s'apparient pour donner deux nouvelles cellules identiques. Cette invariance apparaît comme la condition préalable et nécessaire à la téléonomie, essentiellement exprimée par les protéines dont la fabrication est due à la traduction de ce code via « la transcription »¹⁰⁰² de l'ADN en ARNm, qui s'effectue grâce à la « tête de lecture » qu'est le ribosome.

Monod parle, comme nous venons de le voir, d'invariance des êtres vivants à propos de l'information contenue dans les acides nucléiques, au niveau du code génétique : il parle donc tout d'abord d'invariance lorsqu'il considère l'invariance reproductive propre à chaque espèce. Mais il parle aussi d'invariance répliquative, pour indiquer que cette invariance se reproduit dans chaque nouvelle cellule-fille constituée à partir de la première cellule-mère. Il met de côté le problème de la différenciation cellulaire dans ce débat, mais a l'intuition juste que cette différenciation s'opère au gré de tout un système de régulations qui n'est pas démenti de nos jours, même s'il se trouve considérablement affiné par le modèle actuel de l'épissage alternatif. Ce modèle découvert dans les années 2000 montre le rôle des exons et des introns mais ne modifie pas l'idée d'instructions du code pour permettre la différenciation cellulaire. C'est une explication plus sophistiquée et plus complexe qui permet d'éclairer cette différenciation des tissus de façon plus satisfaisante qu'au temps de Monod mais qui reste basée sur le rôle fondamental du code génétique. Monod place donc la téléonomie, d'une part, au niveau du développement fonctionnel des êtres vivants et, d'autre part, au niveau de leur capacité à se reproduire, c'est-à-dire à faire persister l'invariance, qui, dans tous les cas, reste première tant chronologiquement qu'au fondement principal de leur déploiement, c'est-à-dire aussi bien en eux-mêmes qu'en se reproduisant en un autre, cause antérieure et première de la téléonomie, qui vise à reproduire un autre identique à soi. Dans le même sens, il est à noter

¹⁰⁰² J. Monod, (1970) p. 238. Annexes, 3. Le code génétique.

que pour Monod, l'invariance est du côté de la structure. Il appelle l'invariant : la « norme structurale »¹⁰⁰³. On comprend que, pour un biologiste, la structure précède la fonction et le développement fonctionnel et qu'elle en soit la condition *sine qua non*. « C'est de la structure, de la forme d'une protéine donnée que dépend la discrimination stéréospécifique particulière qui constitue sa fonction. »¹⁰⁰⁴ De la même façon, l'information, le programme, précèdent sa réalisation : « L'essence de ces processus épigénétiques consiste en ceci que l'organisation d'ensemble d'un édifice multimoléculaire complexe était contenu en puissance dans la structure de ses constituants. »¹⁰⁰⁵ Il est d'ailleurs étonnant de voir dans la biologie moléculaire comment la structure apparaît presque comme quelque chose de statique. Cela va dans le sens de ce qu'a voulu exprimer aussi le titre de l'ouvrage de François Jacob, « *La statue intérieure* », comme paradigme pour exprimer le vivant. Affirmant cette primauté de l'invariance, Monod entend contrecarrer tout type d'explication, dans sa discipline, qui vise à placer la téléonomie comme principe premier, explicatif de l'être vivant. Les explications animistes ou vitalistes qui expriment une finalité de la fonction émergeant avant la structure visent toutes à expliciter le fait que les organes vivants sont formés en vue de telle ou telle opération. Par exemple, elles disent que c'est « en vue de » voir que le vivant a des yeux. Il convient bien plutôt de considérer que l'on a des yeux faisant partie de la « norme structurale », et que par cette structure, on peut voir. De plus, on comprend comment, dans la pensée de Monod, il est nécessaire qu'il y ait quelque chose de stable qui puisse ensuite varier à l'infini. Il y a quelque chose de stable, d'invariant, qui, ensuite, effectue une certaine variation, modèle pensé un peu à la manière de celui de la substance et de ses accidents, décrits par Aristote, avec cependant la grande différence que ce changement au niveau des mutations va également contribuer à produire un changement de la substance elle-même. Car c'est à partir de là qu'il explique l'évolution, conçue précisément comme une série d'avatars survenus à l'invariance. En effet, l'invariance variera, évoluera à la suite de mutations qui sont autant d'erreurs de réplication dans la transcription du message génétique. C'est donc au nom de la science de la biologie que Monod instaure la légitimité de l'invariance première et c'est en son nom qu'il récuse aussi tous les animismes et les vitalismes, commettant, eux tous, l'erreur de placer toujours la téléonomie devant l'invariance. Monod, en particulier, entre frontalement en conflit avec une vision prégnante à son époque, celle du matérialisme marxiste et entend le récuser, en discutant principalement les trois lois mises en avant par Engels, plus particulièrement, qui constituaient le plus gros de la doxa marxiste, en montrant

¹⁰⁰³ J. Monod, (1970) p. 37.

¹⁰⁰⁴ J. Monod, (1970) p. 69.

¹⁰⁰⁵ J. Monod, (1970) p. 117.

qu'elles ne s'accordent pas avec ce que la science fait apparaître. Comme il convient de le rappeler, ces trois lois sont empruntées au corpus hégélien mais plus systématiquement ordonnées ensuite dans une perspective matérialiste par Engels, c'est-à-dire au profit de lois de la nature et non plus de celles de l'esprit, comme le voulait l'idéalisme hégélien. Monod a lu *La dialectique de la nature* d'Engels. Il s'y réfère en particulier dans la préface qu'il rédige au livre de Medvedev, *Grandeur et chute de Lyssenko*, mais de façon tout à fait générale. On y trouve toutefois cette remarque très incisive : « Car il est entièrement vrai que la base fondamentale de la génétique classique, la théorie du gène, invariant au travers des générations et même des hybridations, est incompatible avec l'esprit comme avec la lettre de la dialectique de la nature selon Engels. »¹⁰⁰⁶ De plus, il indique un peu plus loin dans cette même préface les deux textes *Matérialisme et empiriocriticisme* de Lénine et *L'anti-Dühring* d'Engels qu'il invite à relire.¹⁰⁰⁷ Dans *HN*, il indique également *L'anti-Dühring* et surtout fait mention de la *Dialectique de la nature*,¹⁰⁰⁸ spécialement dans l'édition à la traduction anglaise¹⁰⁰⁹ préfacée par le biologiste Haldane¹⁰¹⁰. C'est au nom de la biologie que Monod entend récuser les trois lois dialectiques, reprises des lois de l'Esprit selon Hegel exposées dans la *Logique* et l'ensemble du système, reprises dans la pensée dialectique d'Engels et interprétées, cette fois, de façon matérialiste. En effet, Engels, à la suite de Marx, entend établir les lois qu'Hegel pensait, celles de l'Esprit au niveau de la réalité de la nature elle-même ; il explicite cette vue en ces termes : « La dialectique dite *objective* règne dans toute la nature, et la dialectique dite *subjective*, la *pensée dialectique*, ne fait que *refléter* le règne, dans la nature entière, du mouvement par opposition des contraires qui, par leur conflit constant et leur conversion finale l'un en l'autre ou en des formes supérieures, conditionnent précisément la vie de la nature. »¹⁰¹¹ Autrement dit, là où Hegel, selon l'idéalisme de la *Naturphilosophie* allemande, voyait les lois de l'esprit s'imprimer dans la nature, Engels affirme que les lois de l'esprit sont le simple reflet des lois de la nature. Ces lois se trouvent énoncées dans le texte de la *Dialectique de la Nature* suivant : « C'est donc de *l'histoire de la nature et de l'histoire de la société que sont abstraites* les lois de la dialectique. Elles ne sont précisément rien d'autre que les lois les plus générales de ces deux phases du développement historique ainsi que de la pensée elle-même. Elles se réduisent pour l'essentiel aux trois lois suivantes : la loi du passage de la quantité à la qualité et inversement, la loi de l'interprétation

¹⁰⁰⁶ J. Monod, préface au livre *Grandeur et chute de Lyssenko de Medvedev*, Gallimard, (1971) p. 9 et J. Monod (1970) p. 58.

¹⁰⁰⁷ J. Monod, préface au livre *Grandeur et chute de Lyssenko de Medvedev*, Gallimard, (1971) p. 11.

¹⁰⁰⁸ J. Monod, (1970) p. 52.

¹⁰⁰⁹ F. Engels, *Dialectique de la nature*, traduction anglaise préfacée par J.B.S. Haldane.

¹⁰¹⁰ J. Monod, (1970) p. 52.

¹⁰¹¹ F. Engels, *Dialectique de la nature*, traduction Émile Bottigelli, Éditions sociales, (1952) p. 213.

des contraires, la loi de la négation de la négation. Toutes trois, poursuit Engels, sont développées à sa manière idéaliste par Hegel comme de pures lois de la pensée ; la première dans la première partie de la *Logique* ; la seconde emplit toute la deuxième partie, de beaucoup la plus importante, de sa *Logique*, la doctrine de l'Essence ; la troisième enfin figure comme loi fondamentale pour l'édification du système tout entier. »¹⁰¹²

Monod va s'en prendre à ces trois lois en fournissant des contre-exemples puisés dans les nouveaux acquis de la biologie moléculaire. Il s'attaque nommément à la première loi dans son cours au Collège de France : celle de l'équivalence qualité/quantité. De quoi s'agit-il exactement ? Comme l'indique Engels, celle-ci est effectivement inspirée d'une remarque de Hegel dans la première partie de la *Logique*. Au §178, Hegel énonce que « le quantum, dans une forme qualitative est le rapport quantitatif, [...] : dans le rapport, le quantum est retourné dans la quantité, qui a, par-là, en même temps, été déterminé comme qualité. »¹⁰¹³ Engels cependant se montre plus tranché qu'Hegel car là où Hegel se contente de définir la mesure comme le quantum qualitatif, auquel est attaché un être-là ou une qualité ; et d'ajouter que la modification du quantum est aussi une modification de la qualité dans cet même § de la *Logique*, en tant que « le quantum infini est la détermination indifférente supprimée, ou il est la restauration de la qualité »¹⁰¹⁴, Engels, lui, parle d'une « conversion » pure et simple de la quantité en qualité. Comme il l'affirme fortement dans *la Dialectique de la nature*, « toutes les différences qualitatives dans la nature reposent soit sur une composition chimique différente, soit sur des quantités ou des formes différentes de mouvement (d'énergie), soit, ce qui est presque toujours le cas, sur les deux à la fois. Il est donc impossible de changer la qualité d'aucun corps sans addition ou retrait de matière ou de mouvement, c'est-à-dire sans modification quantitative du corps en question. »¹⁰¹⁵ De cette équivalence entre quantité et qualité de la première loi, Monod entend, sur des exemples scientifiques précis, en montrer l'incorrection. Il va en effet montrer que la quantité n'est pas toujours réversible en qualité, en prenant l'exemple de deux réalités chimiques totalement identiques sur le plan de la quantité et dont pourtant l'une revêt une qualité viable et l'autre non. Précisément, il montre que sur deux isomères optiques symétriques et donc identiques quantitativement, la nature n'en retient qu'un.¹⁰¹⁶ « À partir d'un corps qui lui est symétrique, l'enzyme synthétise un dérivé qui est

¹⁰¹² F. Engels, *DN* p. 69.

¹⁰¹³ G.W.F. Hegel, (2015), p. 277.

¹⁰¹⁴ G.W.F. Hegel, (2015), p. 276.

¹⁰¹⁵ F. Engels, *DN* p. 70.

¹⁰¹⁶ J. Monod, 4ème leçon du cours au Collège de France p. 14 : « Vous savez que la première loi dit que toute différence qualitative provient d'une différence quantitative et inversement. Ici, nous avons une différence qualitative qui est d'une extrême importance en Biologie sans qu'il y ait aucune différence quantitative entre les deux espèces. »

l'acide L-malique, à l'exclusion totale de l'autre dérivé, »¹⁰¹⁷ et en explique la raison précisément : « Les acides aminés possédant un carbone asymétrique appartiennent tous à la série L... parce que tous ces corps sont en fait synthétisés par l'intermédiaire de réactions enzymatiques, réactions qui sont directrices du point de vue de la symétrie optique. »¹⁰¹⁸ C'est pourquoi, les enzymes n'agissent que sur les lévogyres. Monod reprend précisément cet exposé dans *HN*¹⁰¹⁹, sans toutefois critiquer expressément à nouveau cette première loi de Hegel ici, comme il le fait dans son cours au Collège de France.

La critique de la deuxième loi qui affirme l'unité des contraires n'est pas abordée de front par Monod mais elle peut être aperçue, même si cette deuxième loi n'est pas mentionnée expressément comme telle, dans le souci que manifeste Monod du maintien du principe d'identité. Rappelons qu'à propos de cette deuxième loi, Engels évoque « le règne, dans la nature entière, du mouvement par opposition des contraires qui, par leur conflit constant et leur conversion finale l'un en l'autre ou en des formes supérieures, conditionnent précisément la vie de la nature. »¹⁰²⁰ C'est ce qui va lui permettre d'affirmer que la dialectique réalise la médiation des contraires. « La dialectique qui ne connaît pas non plus de *hard and fast lines*... de "ou bien...ou bien" inconditionnel et universellement valable, qui fait passer de l'une à l'autre les différences métaphysiques immuables, connaît également, à côté du "ou bien...ou bien", le "aussi bien ceci... que cela" et réalise la médiation des contraires. »¹⁰²¹ Ainsi Engels cite les couples de contraire positif/négatif, cause/effet, tout/partie, simple/composé, attraction/répulsion, nécessité/contingence, identité/différence. À propos de ce dernier couple, pour montrer que l'identité devient son contraire, à savoir différence, Engels cite les exemples de la plante, ou de l'animal pour qui « chaque cellule à chaque instant de leur vie sont identiques à eux-mêmes et pourtant se différencient d'eux-mêmes, du fait de l'assimilation et de l'élimination des substances, de la respiration et du dépérissement de cellules, du processus de circulation qui se produit. »¹⁰²²

Or, à propos du principe d'identité, voici le problème que pose Monod et comment il le résout au chapitre 6 « Invariance et perturbations » : « On peut certes se demander si toutes les invariances, conservations et symétries qui constituent la trame du discours scientifique ne sont pas des fictions substituées à la réalité pour en donner une image opérationnelle, vidée d'une part de substance, mais devenue accessible à une logique elle-même fondée sur un principe d'identité purement abstrait, peut-être "conventionnel". Convention dont, cependant,

¹⁰¹⁷ J. Monod, 4ème leçon p. 14.

¹⁰¹⁸ J. Monod, 4ème leçon p. 17.

¹⁰¹⁹ J. Monod, (1970) p. 70 à 74.

¹⁰²⁰ F. Engels, *Dialectique de la nature*, p. 267.

¹⁰²¹ F. Engels, *Dialectique de la nature*, p. 214.

¹⁰²² F. Engels, *DN* p. 216.

la raison humaine semble incapable de se passer. »¹⁰²³ Face à ce problème, Monod voit dans les résultats de la physique moderne l'attestation que ce principe d'identité est bien ancré dans la réalité et n'est pas qu'une convention abstraite. Il poursuit en effet l'analyse en disant : « Je mentionne ici ce problème classique pour noter que son statut a été profondément modifié par la révolution quantique. Le principe d'identité ne figure pas comme postulat physique dans la science classique. Il n'y est employé qu'en tant qu'opération logique, sans qu'il soit nécessaire de supposer qu'il corresponde à une réalité substantielle. Il en va tout autrement en physique moderne, dont l'un des postulats les plus fondamentaux est l'identité *absolue* de deux atomes se trouvant au même état quantique. D'où également la valeur de représentation absolue, non perfectible, accordée aux symétries atomiques et moléculaires en théorie quantique. Il semble donc qu'on ne puisse plus aujourd'hui restreindre le principe d'identité au simple statut de simple règle pour la conduite de l'esprit : il faut admettre qu'à l'échelle quantique au moins il exprime une réalité substantielle. »¹⁰²⁴ Il convient certainement de prendre en compte cette critique « oblique » effectuée par Monod à l'encontre de cette seconde loi, y opposant la réalité du principe d'identité, nié et dépassé dans l'unité des contraires affirmée par Engels et illustrée par ses soins à l'aide de nombreux exemples.

En revanche, dans *HN*, Monod critique ouvertement la troisième loi. Rappelons qu'Engels, pour l'illustrer, renvoie son lecteur à la préface de *la phénoménologie de l'Esprit* et au fameux passage de la fleur qui dépasse le bouton : « Le bouton disparaît dans l'éclatement de la floraison, et on pourrait dire que le bouton est réfuté par la fleur. À l'apparition du fruit également, la fleur est dénoncée comme un faux être-là de la plante et le fruit s'introduit à la place de la fleur comme sa vérité. » Engels va illustrer cette thèse à l'aide d'un grand nombre d'exemples, auxquels Monod fait allusion assez durement, comme autant d'inepties : « Ces exemples », écrit Monod, « illustrent surtout l'ampleur du désastre épistémologique qui résulte de l'usage "scientifique" des interprétations dialectiques. Les dialecticiens matérialistes modernes évitent en général de tomber dans de pareilles niaiseries. »¹⁰²⁵ Pour lui, cette loi, qui affirme le résultat positif de la négation de la négation comme « dialectique », n'est pas non plus opérationnelle dans la nature, qui fonctionne de façon binaire et non ternaire. L'exemple pris par Monod est celui de l'opéron dont le régulateur agit en supprimant la répression par négation de la négation mais sans effet cumulé à l'arrivée ; celui-ci se contente de faire advenir un phénomène simple : l'expression de nouvelles protéines. « De cette double

¹⁰²³ J. Monod, (1970) p. 134

¹⁰²⁴ J. Monod, (1970) p. 135.

¹⁰²⁵ J. Monod, (1970) p. 57.

négarion résulte un effet positif, une " affirmation " »¹⁰²⁶. Cependant, selon Monod, il ne s'agit pas d'une subsumption comme dans l' « *aufhebung* » hégélien. « On peut remarquer, poursuit-il en effet, que la logique de cette négation de la négation n'est pas dialectique : elle n'aboutit pas à une proposition nouvelle, mais à la simple réitération de la proposition originale, écrite dans la structure de l'ADN, conformément au code génétique. La logique des systèmes biologiques de régulation n'obéit pas à celle d'Hegel, mais à l'algèbre de Boole, comme celles des calculatrices. »¹⁰²⁷ Plus généralement, Monod considère le système tout entier de la cellule sur le modèle cartésien et absolument pas hégélien : « Le système tout entier est totalement conservateur, fermé sur soi-même, et absolument incapable de recevoir quelque enseignement que ce soit du monde extérieur. Comme on le voit, ce système, par ses propriétés, par son fonctionnement d'horlogerie microscopique qui établit entre ADN et protéine, comme aussi entre organisme et milieu, des relations à sens unique, défie toute description "dialectique". Il est foncièrement cartésien et non hégélien : la cellule est bien une *machine*. »¹⁰²⁸ Monod contredit aussi bien la dialectique matérialiste sur des bases scientifiques : il dénonce le fait que l'invariance soit niée par cette pensée et par son représentant scientifique, en la personne de Lyssenko, et que la téléonomie soit mise au principe, pensée comme le moteur de l'évolution et de l'histoire. En fait, il est vrai que Monod range cette philosophie dans celle qui place la téléonomie avant l'invariance, mais il faut peut-être préciser que pour le matérialisme dialectique, l'invariant, tout au moins génétique, n'existe pas du tout. Cette invariance est en effet totalement contestée par la dialectique matérialiste de Marx et d'Engels, qui considèrent l'invariant du gène comme une invention bourgeoise, en contradiction complète avec les données du réel. De fait, le « lyssenkisme » qui apparaît comme le porte-parole du matérialisme dialectique fait une erreur monumentale, aux yeux de Monod, en contestant précisément cette invariance du code génétique.

Cette invariance est cependant, peut-être, philosophiquement réinterprétée d'un point de vue de la dialectique marxiste et Monod pense sans doute pouvoir la réintroduire comme invariance de la matière, en dépit de tous ses changements. Quand il pose que, dans cette philosophie, la téléonomie précède l'invariance, c'est peut-être à ce type d'invariance à laquelle il fait allusion : l'invariance de la matière elle-même, au sens où Engels exprime une pensée de l'éternel retour et affirme l'éternité de la matière.¹⁰²⁹

¹⁰²⁶ J. Monod, (1970) p. 101.

¹⁰²⁷ J. Monod, (1970) p. 101.

¹⁰²⁸ J. Monod, (1970) p. 145.

¹⁰²⁹ J. Monod, (1970), note de bas de page p. 61.

Enfin d'un point de vue scientifique, l'invariant conçu en premier cadre peut-être mieux avec le second principe de la thermodynamique selon lequel, dans un système fermé, l'énergie tend vers l'état le plus probable, qui est l'état d'entropie maximum ; ce qui, faisons-le remarquer, risque d'ôter à la téléonomie son caractère foncièrement dynamique car on pourrait faire remarquer qu'elle s'épuiserait ou plutôt serait déjà épuisée si ce second principe s'exerce à l'ensemble de l'univers, à supposer que cet univers soit éternel, car de toute éternité, il serait épuisé, ayant rejoint nécessairement le stade le plus probable : la mort certaine de l'univers. Les propos de Monod dans son cours au Collège de France sont à envisager dans ce sens.

On peut faire remarquer cependant une certaine hésitation dans la pensée de Monod à rejeter en bloc ces lois, puisqu'il admettra, par exemple, dans une certaine mesure, l'application possible de la première, à savoir la réversibilité totale du quantitatif et du qualitatif, dans un contexte précis, à savoir le fonctionnement du système nerveux central : « L'analogie semble impressionnante et la comparaison fructueuse entre les machines cybernétiques et le système nerveux central. Mais il faut voir qu'elle se limite encore aux niveaux inférieurs d'intégration : premiers degrés de l'analyse sensorielle par exemple. Les fonctions supérieures du cortex, dont le langage est l'expression, semblent y échapper totalement. On peut se demander s'il n'y a qu'une différence "quantitative" (degré de complexité) ou "qualitative". Cette question n'a pas de sens à mon avis. Rien ne permet de supposer que les interactions élémentaires soient de nature différente à différents niveaux d'intégration. S'il est un cas où la première loi de la dialectique est applicable, c'est bien celui-là. »¹⁰³⁰ De même, une certaine dialectique se fait jour avec la notion de « couplage »¹⁰³¹ entre conditions extérieures et information génétique.

De toute façon, si nous comprenons bien l'enjeu restrictif de cette dernière réserve, ces cas semblent tout de même aux yeux de Monod une sorte d'exception qui confirme la règle de validité de ces lois ; si l'on s'en tient à l'analyse générale de Monod visant à détruire la force conceptuelle de ces lois, c'est plutôt cette thèse qui est à retenir.

Les mobiles de cette analyse relèveraient davantage de l'ordre philosophique, et le seraient pour des raisons plus implicites.

En effet, dans cette vision des choses, la téléonomie n'étant pas première, n'agit jamais comme cause mais est bien plutôt toujours la conséquence de la présence de l'invariance. Cette vue des choses répond, certes, au principe de précaution employé par Monod, à savoir le postulat d'objectivité dans les sciences, qui exclut toute finalité dans l'explication naturelle des phénomènes. Mais s'attaquant à des systèmes d'ordre métaphysique, il entend aussi éviter

¹⁰³⁰ J. Monod, (1970) p. 188.

¹⁰³¹ J. Monod, (1970) p. 165.

toute référence première à une téléonomie envisagée dans des systèmes métaphysiques pour interpréter le sens du réel. Tous ces systèmes prendraient, quel que soit le cas de figure, le problème à contresens ou tout au moins ils inverseraient le donné et donc mettraient, pour le dire de façon un peu familière, « la charrue avant les bœufs » de façon tout à fait illusoire, car se basant sur des affirmations totalement démenties par la science biologique.

On voit très bien que par la négation de la téléonomie précédant l'invariant, Monod élimine *ipso facto* l'idée de tout projet préétabli, préconçu par un agent intelligent qui aurait pensé à l'avance, avant l'appel à l'existence d'un vivant, un plan d'action pour le réaliser. Tout se fait alors dans la nature spontanément, par hasard, au gré des rencontres de matière selon des formes qui s'encastrent et qui après de nombreuses combinaisons fortuites non viables finissent par aboutir, par l'effet de la sélection naturelle aux seules solutions viables que nous connaissons. On voit très bien qu'en tenant à cette clé d'analyse, Monod récuse non seulement un projet **de** la nature en tant que telle mais aussi toute idée de projet à l'œuvre **dans** la nature, dans ou **pour** cette nature, guidée par un être omniscient de qui tout dépendrait. Il la fait exister toute seule, la rend totalement indépendante ontologiquement, pour s'auto-réaliser par hasard ou « au petit bonheur la chance », si tant est que le hasard puisse devenir une chance.

DISCUSSION

Dans cette discussion, nous ferons valoir plusieurs considérations d'ordre scientifique contestant la prééminence de l'invariance : la téléonomie dans l'évolution semble quelquefois antérieure ou simultanée. Puis, nous interrogerons la possibilité de persistance de l'invariance et de la variation d'un point de vue métaphysique.

Nous voyons qu'à ces raisons, répondant à des motifs objectifs scientifiques et des mobiles d'ordre plus subjectif ou idéologique, on peut émettre des objections :

Cette distinction invariance/téléonomie offre une grille d'analyse très pertinente selon que l'on place l'invariance ou la téléonomie au principe de son système explicatif du vivant ou de l'univers. « Cette distinction est, explicitement ou non, supposée dans toutes les théories, toutes les constructions idéologiques (religieuses, scientifiques ou métaphysiques) relatives à la biosphère et à ses relations avec le reste de l'univers). »¹⁰³² En effet, toutes les philosophies plaçant un principe de finalité éclairant le processus de la réalité, envisageant la vie se déroulant, se déployant, se révélant en vue d'une fin, sont fausses aux yeux de Monod car par

¹⁰³² J. Monod, (1970) p. 34.

la découverte de la théorie moléculaire du code, il prouve que c'est l'invariant qui est premier. Le tort de cette distinction, c'est que les deux concepts employés par différentes conceptions philosophiques ne sont pas au même niveau d'analyse, ce qui fait que l'on peut craindre un dialogue de sourds si les concepts ne sont pas placés au niveau qui leur convient : l'invariant est du côté de l'expérimentation scientifique, la téléonomie, si réellement finalité il y a, se situe dans le champ d'exploration de l'hypothèse d'un être intelligent se proposant un projet, être supra-naturel qui est pensable mais qui ne peut faire l'objet d'aucune expérimentation scientifique. Monod, quant à lui, essaie d'inclure la téléonomie au sein d'un débat scientifique, essai dans lequel, il faut bien l'avouer, il échoue d'une certaine manière.

1) Reprise sur le plan scientifique d'abord : sur son propre terrain, quand Monod dit que la téléonomie sert de « guide »¹⁰³³ et de frein dans l'évolution, ne fait-il pas de la téléonomie un principe précédant l'invariant ? Cet aveu du rôle premier de la téléonomie se confirme par l'affirmation selon laquelle « l'invariance du "plan" chimique fondamental de la cellule ne peut s'expliquer que par l'extrême cohérence du système téléonomique. »¹⁰³⁴ Ainsi, la téléonomie est bien ici première, ce qui signifie que Monod, refusant théoriquement une téléonomie antérieure à l'invariance, reconnaît ici pratiquement cette antériorité. Certaines autres analyses de Monod ne donnent pas priorité à l'invariance mais semblent octroyer une simultanéité d'action à la téléonomie : par exemple à propos du plan de la structure présent dans ses constituants¹⁰³⁵ : « Cette analyse, on le voit, réduit à une dispute verbale, dénuée de tout intérêt, l'ancienne querelle des préformationnistes et des épigénétistes. La structure achevée n'était nulle part. Mais le plan de la structure était présent dans ses constituants mêmes. Elle peut donc se réaliser de façon autonome et spontanée, sans intervention extérieure, sans injection d'information nouvelle. L'information était présente, mais inexprimée, dans les constituants. La construction épigénétique d'une structure n'est pas une *création*, c'est une *révélation*. »¹⁰³⁶ Monod désigne par là le processus de l'émergence embryonnaire : si, de fait, l'émergence évolutive se fait par hasard, il n'en est pas ainsi de l'émergence embryonnaire qui est comme le déploiement nécessaire d'un plan. Pour ce qui est de l'émergence évolutive, le lien entre émergence et hasard apparaît de façon patente : « l'émergence évolutive, grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, à savoir le pur hasard, est créatrice de nouveauté *absolue*. »¹⁰³⁷ Mais qu'en est-il de l'émergence embryonnaire ? Pourquoi ne fait-il pas non plus appel de façon très large au

¹⁰³³ J. Monod, (1970) p. 159.

¹⁰³⁴ J. Monod, (1970) p. 159.

¹⁰³⁵ J. Monod, (1970) p. 117 au chapitre 5 « *Ontologie moléculaire*. »

¹⁰³⁶ J. Monod, (1970) p. 117.

¹⁰³⁷ J. Monod, (1970) p. 151.

hasard aussi pour cette émergence embryonnaire si le hasard est bien coïncidence absolue entre chacun des gènes et la protéine codée ? En tout cas, Monod se défend de voir en l'émergence embryonnaire une émergence de même type que l'émergence évolutive ; celle-là est une « *révélation* », celle-ci est une « *création* ». ¹⁰³⁸ Il est évident que pour Monod, le développement épigénétique de l'embryon est strictement la réalisation du plan donné dans les instructions génétiques ; en cela, son déploiement est totalement déterminé. Ce développement est donc bien régi par la nécessité ; c'est en ce sens que nous pouvons comprendre ce qui serait une forme de tension ou d'hésitation de la part de Monod, mais qui peut être aussi bien deux points de vue sur la même réalité décrivant comment le hasard se convertit en nécessité, lorsqu'il met l'accent « en un sens », puis « en un autre sens tout aussi signifiant » sur son contraire : « Si en un sens, toute structure primaire de protéine nous apparaît comme le pur produit d'un choix fait au hasard, à chaque chaînon, parmi vingt résidus disponibles, en revanche en un autre sens, tout aussi signifiant, il faut reconnaître que cette séquence *actuelle* n'a nullement été synthétisée au hasard, puisque ce même ordre est reproduit, pratiquement sans erreur, dans toutes les molécules de la protéine considérée. N'en fût-il pas ainsi, il serait impossible, en fait, d'établir par l'analyse chimique la séquence d'une population de molécules. » ¹⁰³⁹ C'est cette reproduction de la séquence « au hasard » de chaque protéine qui assure ainsi l'invariance des structures : « Il faut donc admettre que la séquence « au hasard » de chaque protéine est en fait reproduite, des milliers ou millions de fois, dans chaque organisme, chaque cellule, par un mécanisme de haute-fidélité qui assure l'invariance de structures. » ¹⁰⁴⁰ De plus, un peu plus loin, il insiste sur le rôle de la téléonomie comme « guide et comme frein » dans l'évolution : « L'extraordinaire stabilité de certaines espèces, les milliards d'années que couvre l'évolution, l'invariance du « plan » chimique fondamental de la cellule ne peuvent évidemment s'expliquer que par l'extrême cohérence du système téléonomique qui, dans l'évolution, a donc joué le rôle à la fois de guide et de frein et n'a retenu, amplifié, intégré qu'une infime fraction des chances que lui offrait, en nombre astronomique la roulette de la nature. » ¹⁰⁴¹ Si la téléonomie agit comme un guide, elle précède alors d'une certaine manière l'invariance. La distinction qu'opère Monod entre sa philosophie naturelle avec les systèmes animistes repose pourtant, nous le verrons en troisième partie de notre étude, sur ce critère de la préséance de l'invariance et du principe d'objectivité sur la téléonomie. Comment surmonter cette difficulté ? Est-elle surmontable ?

¹⁰³⁸ J. Monod, (1970) p. 117 et p. 151.

¹⁰³⁹ J. Monod, (1970) pp. 127-128.

¹⁰⁴⁰ J. Monod, (1970) p. 128.

¹⁰⁴¹ J. Monod, (1970) p. 159.

En fait, Monod ne fait-il pas fusionner la notion d'invariance et la téléonomie en faisant valoir que toutes les adaptations des êtres vivants sont au service d'un seul et unique projet : la conservation et la multiplication de l'espèce ? C'est pourquoi Monod définit le « projet téléonomique essentiel comme consistant dans la transmission, d'une génération à l'autre, du contenu d'invariance caractéristique de l'espèce. »¹⁰⁴² Autrement dit, l'accomplissement du projet téléonomique fondamental, c'est la reproduction invariante. Ici, qu'est-ce qui précède quoi ? L'invariance précède-t-elle vraiment la téléonomie ? Ce même problème ressurgit lorsque Monod dit que la téléonomie via la stéréospécificité n'est pas seulement au cœur des protéines mais aussi dans le génome, contrairement au chapitre 1 « D'étranges objets » où il attribuait l'invariance à l'ADN et acides nucléiques et la téléonomie aux protéines.¹⁰⁴³ Il dit également : « Nous devons reconnaître des éléments de structure téléonomique jusqu'au niveau du génome lui-même, c'est-à-dire de la structure de l'ADN. »¹⁰⁴⁴ Peut-on alors vraiment affirmer que c'est l'invariance qui précède la téléonomie ? Ne peut-on pas envisager une parfaite synchronisation, ce qui retirerait à l'invariance son caractère de priorité, choix méthodologique lourd de conséquences chez Monod, qui risque de perdre ainsi une partie de sa pertinence ?

À propos de l'émergence devenue invariance et morphogénèse autonome, on ne voit pas très bien pourquoi Monod ne réserve un mécanisme qu'à cette dernière. Mécanisme ou propriétés au sein de ces trois statuts : invariance, téléonomie et structure autonome de la morphogénèse ? L'embaras de Monod est visible dans le paragraphe suivant : « Une première observation s'impose : le statut de ces trois notions n'est pas le même. Si l'invariance et la téléonomie sont effectivement des « propriétés » caractéristiques des êtres vivants, la structuration spontanée doit plutôt être considérée comme un mécanisme. Nous verrons d'ailleurs, dans les chapitres suivants, que ce mécanisme intervient aussi bien dans la reproduction de l'information invariante que dans la construction des structures téléonomiques. »¹⁰⁴⁵

Comme le dit Barthélémy-Madaule, on retrouve la téléonomie dans tous les processus vitaux. La téléonomie est au centre même du processus de reproduction : « elle est au cœur de l'invariance et non précédée par elle. »¹⁰⁴⁶

C'est pourquoi, Barthélémy-Madaule propose de référer ces trois notions qui interfèrent sans cesse à la notion d'un processus englobant, possibilité qu'envisage Monod mais qu'il semble

¹⁰⁴² J. Monod, (1970) p. 30.

¹⁰⁴³ J. Monod, (1970) haut de la p. 140.

¹⁰⁴⁴ J. Monod, (1969-1970) 4ème leçon p. 3.

¹⁰⁴⁵ J. Monod, (1970) p. 33.

¹⁰⁴⁶ M. Barthélémy-Madaule, (1972), p. 61.

refuser d'admettre aussitôt émise : « Ceci nous amène à considérer une question très importante concernant les relations entre les trois propriétés que nous avons reconnues comme caractéristiques des êtres vivants : téléonomie, morphogénèse autonome et invariance. Le fait que le programme utilisé les ait successivement et indépendamment identifiées ne prouve pas qu'elles ne soient pas simplement trois manifestations d'une même et unique propriété plus fondamentale et plus secrète, inaccessible à toute observation directe. Si c'était le cas, distinguer entre ces propriétés, en chercher des définitions différentes, pourrait n'être qu'illusion et arbitraire. »¹⁰⁴⁷

En définitive, sur le plan strictement scientifique d'abord : Comment l'invariant peut-il ne pas être déjà téléonomique simultanément ? S'il est vrai qu'il y a instruction, programme, information, il faut bien que ce programme vise non seulement à organiser quelque chose mais soit lui-même ordonné et recèle donc déjà en lui-même une téléonomie : le projet de se répliquer selon certaines normes dues à certaines contraintes, dont beaucoup étaient bien moins élucidées à l'époque de Monod que de nos jours ; le projet aussi de se reproduire. Ce même projet, cette téléonomie au cœur de l'invariant lui-même, concernent peut-être plus encore en effet le projet téléonomique de l'invariant à se reproduire, projet inscrit au cœur de l'invariant, qui en constitue même sa raison d'être, puisqu'il s'agit pour le vivant de perpétuer sa norme structurale. Notons d'ailleurs que dans la façon même de présenter la téléonomie, Monod semble exprimer dès le chapitre 1 la présence d'une finalité antérieure à l'invariance : « Il n'y a, dit-il, aucun paradoxe physique dans la reproduction invariante de ces structures : le prix thermodynamique de l'invariance est payé, au plus juste, grâce à la perfection de l'appareil téléonomique qui, avare de calories, atteint dans sa tâche infiniment complexe un rendement rarement égalé par les machines humaines. Cet appareil est entièrement logique, merveilleusement rationnel, parfaitement adapté à son projet : conserver et reproduire la norme structurale. »¹⁰⁴⁸ Cette « adaptation » au projet n'est-elle pas, en elle-même, dans le fait même de sa rationalité ici décrite, la marque de l'existence d'une préadaptation, et donc d'une sorte de finalité antérieure à l'invariance en tant que telle ? Il y aurait dans cette analyse la marque d'une certaine téléonomie qui précéderait alors l'invariance et non l'inverse. Ainsi, si la téléonomie se fait présente, c'est-à-dire est mise en évidence aussi bien dans le déploiement et la mise en forme des protéines que dans l'avènement d'un être vivant nouveau, issu du premier, n'est-elle pas initialement contenue cachée et comprise dans l'invariance, ce qui ôterait toute préséance à l'invariance proprement dite ? D'ailleurs, dans la perspective de l'épigénétique comme révélation et non comme création, n'est-ce pas, d'une certaine manière,

¹⁰⁴⁷ J. Monod, (1970) p. 33.

¹⁰⁴⁸ J. Monod, (1970) p. 37.

ce que reconnaît Monod au chapitre 5 traitant de l'ontogénèse moléculaire ? « L'essence de ces processus épigénétiques, dit-il, consiste en ceci que l'organisation d'ensemble d'un édifice multimoléculaire complexe était contenue en puissance dans la structure de ses constituants, mais ne se révèle, ne devient *actuelle* que par leur assemblage ... La structure achevée n'était nulle part, en tant que telle, préformée. Mais le plan de la structure était présent dans ses constituants eux-mêmes. Elle peut donc se réaliser de façon autonome et spontanée, sans intervention extérieure, sans injection d'information nouvelle. L'information était présente, mais inexprimée, dans les constituants. »¹⁰⁴⁹ C'est suite à ces observations que Monod conclut par ce que nous avons cité plus haut « La construction épigénétique n'est pas une *création*, c'est une *révélation*. »¹⁰⁵⁰ Comment concevoir que l'invariance de ce code ne comporte pas dans son existence même une téléonomie, puisque tout se met en place selon les instructions qu'il envoie, qui sont ensuite décodées en ARN messager, en ARN de transfert, puis en protéines avec la mise en place de toutes sortes d'enzymes de méthylation ou de phosphorylation, dont la production provient de ce code initialement présent ? Cependant, du point de vue scientifique de la biologie contemporaine, il est vrai que cette notion d'invariance est remise en cause ou tout au moins mise à mal car le code génétique et l'étude du génome humain en particulier en 2004 s'est révélée déroutante. Pas plus de gènes codants pour l'homme que pour la mouche : environ 20 000 gènes au total. Toute la différence résiderait dans l'ordonnement de ceux-ci.

Kupiec dénonce chez Monod dans *Ni Dieu ni gènes* un primat de l'essence. Qui nous dit en effet que l'invariant, scientifiquement parlant, restera toujours premier ? Le modèle de l'invariant du gène est aujourd'hui très contesté et dans bien des écoles, en passe de devenir caduc.

Sur le plan métaphysique :

Une question métaphysique possible consisterait à se demander d'où vient cette information des constituants eux-mêmes ? Comment se fait-il que ces constituants eux-mêmes soient doués d'information ? Comment se fait-il que ces constituants soient tels qu'ils puissent contenir une information ? Une question métaphysique encore plus radicale, au vu de toutes ces considérations scientifiques, consisterait à se demander pourquoi cette invariance est présente et confère à l'être vivant cette cohésion, cette consistance, cette permanence dans son être existant ? Il conviendrait de se demander en ce sens comment il se fait que, changeant

¹⁰⁴⁹ J. Monod, (1970) p. 117.

¹⁰⁵⁰ J. Monod, (1970) p. 117.

totallement l'ensemble de ses cellules, neurones en partie mis à part, tout au long de son existence, un organisme parvient à rester le même de sa naissance jusqu'à sa mort ? Il faudrait aussi sans doute envisager aussi les lois naturelles de l'univers dans son entier qui restent constantes de façon étonnante, toutes les constantes physiques telle la masse du proton, la masse de l'électron, la constante de la gravitation, la vitesse de la lumière, la constante de Planck, la quantité totale de matière dans l'univers, l'intensité des quatre forces à l'œuvre, à savoir la gravitation, l'électromagnétisme, et les forces nucléaires forte et faible. Plus fondamentalement encore, il faudrait se demander comment se fait-il qu'il y ait des constantes dans la nature ? Autrement dit, comment et pourquoi la matière tient-elle dans l'existence et plus radicalement encore, qu'est-ce qui fait qu'elle existe en tant qu'elle existe ?

Sur un plan philosophique, Monod se situe en plus grande proximité avec une philosophie de l'essence comme celle de Platon, ou celle de Descartes. Or, pour quelles raisons ce critère de « sélection des idées », pariant sur le primat de l'invariance par rapport à la téléonomie retenu par Monod, peut-il être insuffisant ou risqué ? En fait, à partir de l'invariant et de la téléonomie en biologie, dans ce domaine particulier, Monod élève ces principes à titre universel et en fait un levier de compréhension pour toutes les sciences réunies. C'est sans doute en cela que réside le risque d'une généralisation hâtive et d'une extrapolation illégitime. Il est possible de dégager ce danger à partir des propres propos restrictifs de Monod quand il dit : « Nous dirons que les êtres vivants se distinguent de toutes les autres structures de tous les systèmes présents dans l'univers par cette propriété que nous appellerons la téléonomie. »¹⁰⁵¹ La recherche de la téléonomie de l'univers dans sa totalité se trouve donc exclue par ce propos de Monod. On comprend dès lors que toutes les tentatives philosophiques qui, sur un plan métaphysique et non scientifique, veulent chercher un sens à l'univers et la relation de l'homme à l'univers soient disqualifiées. Car Monod semble dire que la philosophie de la nature ne peut jamais envisager une téléonomie à propos de l'univers entier, et du sens de l'univers en tant que tel. Dans ce cas, à propos de l'univers dans son ensemble, ce n'est pas que la téléonomie vient après l'invariance, c'est qu'il n'y a pas de téléonomie tout court. Il n'y a de téléonomie qu'à propos de l'être vivant. Or, d'un point de vue pourtant de la simple philosophie naturelle, ne pouvons-nous pas envisager, que tout dans la nature soit en vue d'une fin, l'air que l'on respire, la température dans laquelle l'on vit, toutes les conditions de l'univers qui sont réunies pour faire qu'un être vivant puisse déployer sa propre téléonomie ? Non que ce soit la nature qui travaille en vue d'une fin, mais qu'elle soit conçue par un agent rationnel qui travaille en lui assurant existence et cohérence interne

¹⁰⁵¹ J. Monod, (1970) p. 25.

suffisante pour que se réalisent les formes que l'évolution a fait surgir. Non pas qu'il faille dire que « la nature ne fait rien en vain », comme le dit Aristote, en lui prêtant certainement une intention qu'elle n'a pas elle-même, mais que rien dans la nature ne soit fait en vain. Cette hypothèse, qui n'est pas scientifique, n'est en tout cas pas irrecevable rationnellement, même si elle reste indémontrable par toute science particulière. En effet, aucune science particulière n'a démontré que cette hypothèse soit irrecevable ou injustifiable, peut-être parce qu'elle ne peut ni le prouver ni l'infirmer, car ce n'est pas précisément du ressort des sciences particulières. Certaines sciences vont cependant peut-être plus dans le sens qui indique une voie faisant signe vers cette hypothèse. En astrophysique, le principe anthropique émis par Carter en 1974, repris par des savants comme Trinh Xuan Thuan, suggère que toutes les conditions initiales de l'univers étaient réunies pour aboutir à notre univers, et à l'avènement d'un être conscient de lui-même et de l'univers dans lequel il vit, par l'évolution de connections neuronales de plus en plus nombreuses et organisées. Mais on pourrait en dire autant de la biologie qui ouvre l'intelligence, elle aussi, en s'appuyant sur l'organisation si parfaitement orchestrée du vivant, à une réflexion sur l'origine de cet ordre. Cette suggestion peut toujours se faire selon la formulation du principe anthropique "faible", puisque nous le savons critiqué dans son sens "fort", non sans raison sans doute.¹⁰⁵² Pourquoi solidariser le fait qu'il y ait un plan et que ce plan, personne ne l'a conçu, à l'instar de Monod, pour qui, d'accord en cela avec François Jacob, « l'être vivant représente bien l'exécution d'un dessein mais qu'aucune intelligence n'a conçu. »¹⁰⁵³ ? La deuxième partie de l'énoncé de cette dernière phrase est précisément ce qu'on cherche à savoir et ne peut faire d'emblée, comme semble le faire F. Jacob ici, l'objet d'une affirmation irrévocable, car de fait la science n'a pas les moyens de la révoquer. En tout cas, cet énoncé qui consiste à affirmer qu'aucune intelligence n'a conçu ce dessein n'est pas une conclusion scientifique, elle reste une position philosophique. En effet, comment affirmer, sans risque d'erreur, qu'aucune intelligence n'a conçu l'être vivant ? En tout cas, cette affirmation n'est en rien scientifique et a une cohérence très discutable car elle ne justifie en rien la consistance ontologique du vivant sur un plan métaphysique.

En outre, il est frappant de voir que Monod a retenu parmi les philosophies animistes celles qui effectivement mettent la téléonomie au fondement de leur conception et ne retiennent uniquement de la philosophie chrétienne que celle de Teilhard de Chardin. Pour Teilhard en effet, le point oméga est le point où la révélation du Christ culmine au cœur d'un univers totalement divinisé. Mais ce point oméga est souvent compris comme le stade ultime de

¹⁰⁵² R. Swinburne, (2009) p. 67.

¹⁰⁵³ F. Jacob, (1970) *La logique du vivant*, p. 10.

l'histoire de l'univers.¹⁰⁵⁴ Le risque de cette proposition de Teilhard réside en ce qu'elle a tendance à « physicaliser » la réalité du Christ¹⁰⁵⁵. Or, comme le dit le théologien J. M. Maldamé, en théologie chrétienne monothéiste, « il n'y a pas de Christ cosmique au sens strict. »¹⁰⁵⁶ Pour Teilhard, comme pour Hegel, Marx et Engels, il y a un sens de l'histoire immanent à l'histoire. Pour Hegel, l'absolu est résultat et donc se révèle progressivement jusqu'à sa manifestation totale à la fin. Pour Marx, la dialectique, ce qui était dépassement de l'esprit chez Hegel, devient dialectique matérialiste et l'homme y participe par son appartenance de classe, en luttant contre la domination vers une liberté sans aliénation d'aucune sorte, dans une société enfin sans classes.

Ces trois philosophies sont toutes pensées au sein d'une dialectique ou d'une ascension immanente et conçoivent une finalité immanente au développement progressif du réel qui s'auto-réalise, que ce soit de manière matérielle ou spirituelle. Cette téléonomie donne effectivement sens à ce déploiement, avant toute expression invariante, en lui donnant, en quelque sorte, la clé de son essence. Chaque moment du temps y est vu comme phase de sa réalisation et permettant le déroulement d'un développement déjà inscrit dès son origine. Ce sont, tout comme celle de Leibniz¹⁰⁵⁷ évoquée d'ailleurs en tête par Monod, des philosophies de la nécessité, au sens où immanquablement l'immanence de l'être qui s'y développe fait nombre avec son projet et sa réalisation. La preuve en est que Monod, voulant démontrer à tout jamais le ressort qui fait fonctionner le vitalisme et l'animisme conclut le chapitre 2 « Vitalismes et animismes » par ces mots : « Nous nous voulons nécessaires, inévitables, ordonnés de tout temps. Toutes les religions, presque toutes les philosophies, une partie même de la science, témoignent de l'inlassable, héroïque effort de l'humanité niant désespérément sa propre contingence. »¹⁰⁵⁸

Cependant, ne pourrions-nous pas invoquer une exception de taille à cette énumération comportant toutes les religions et presque toutes les philosophies, si tant est qu'une vraie philosophie de la nature commence par l'invariant, selon l'avis de Monod : la religion des trois grands monothéismes qui, d'une certaine façon, place l'invariant en Dieu, « l'invariable » par définition, selon l'expression de Jean-Jacques Olier ? Une certaine métaphysique réaliste en découlerait, qui peut être illustrée tant par la philosophie thomiste contemporaine que par un certain courant contemporain de philosophie analytique qui renoue lui aussi avec la tradition de la philosophie thomiste, comme en attestent les références à saint Thomas

¹⁰⁵⁴ F. J. Tipler, (1989), « The Omega point as *Eschaton* », *Zygon*, n° 24, pp. 217-253.

¹⁰⁵⁵ J. M. Maldamé, (1993), pp. 183-184.

¹⁰⁵⁶ J. M. Maldamé, (1993), p. 197.

¹⁰⁵⁷ J. Monod, (1970) p. 49.

¹⁰⁵⁸ J. Monod, (1970) p. 63.

d'Aquin, dans *Y-a-t-il un dieu ?* de Richard Swinburne, tout en s'ouvrant aux autres perspectives de recherches contemporaines en philosophie de la religion.¹⁰⁵⁹ Avec ce courant de pensée, la cinquième voie d'approche d'un créateur selon saint Thomas, à partir de l'ordre est à nouveau considérée : « La cinquième voie est tirée du gouvernement des choses. Nous voyons que des êtres privés de connaissance, comme les corps naturels, agissent en vue d'une fin, ce qui nous est manifesté par le fait que, toujours ou le plus souvent, ils agissent de la même manière, de façon à réaliser le meilleur ; il est donc clair que ce n'est pas par hasard, mais en vertu d'une intention qu'ils parviennent à leur fin. Or, ce qui est privé de connaissance ne peut tendre à une fin que dirigé par un être connaissant et intelligent, comme la flèche par l'archer. Il y a donc un être intelligent par lequel toutes les choses sont ordonnées à leur fin, et cet être, c'est lui que nous appelons Dieu. »¹⁰⁶⁰ En effet, la régulation de cette cybernétique aussi précise et parfaite, avec la synergie de toutes les parties organisées pour que tout se fasse de façon harmonisée et synchronisée, aussi bien au cœur d'une cellule que dans l'organisme entier peut ouvrir, par induction, à l'intuition d'un plan conçu par un être intelligent. Et dans la solution 2 de l'article 3 de la Question 2, saint Thomas ajoute en élargissant cette voie à la nature entière et donc à l'univers tout entier : « Puisque la nature ne peut agir en vue d'une fin déterminée que si elle est dirigée par un agent supérieur, on doit nécessairement faire remonter jusqu'à Dieu, première Cause, cela même que la nature réalise. »¹⁰⁶¹ Plus près de nous, les réflexions que nous livrent à cet égard Claude Bernard sont encore très actuelles : « Nous devons reconnaître dans l'ensemble des phénomènes naturels, une grande intelligence intentionnelle. Cette détermination intentionnelle paraît surtout évidente dans les êtres vivants qui forment un tout fini. »¹⁰⁶² La philosophie de la nature qu'on peut tenter de dégager, à partir de ces considérations métaphysiques, échappe certainement à la critique de Monod bien plus clairement que celle qui ressort de celle de Teilhard de Chardin. Cette métaphysique en effet, loin de ce qu'affirme Monod, ne considère pas l'être vivant comme nécessaire mais bien contingent et possiblement libre, s'il devient doué de conscience. Certes, ce concept de Dieu comme invariant est totalement en dehors du champ de la science mais après tout, les grandes philosophies évoquées par Monod plaçaient aussi la téléonomie en dehors du champ strictement scientifique. L'intérêt de cette mise en perspective est alors de pouvoir envisager effectivement la conception de la téléonomie comme seconde, et en cela d'échapper « par le

¹⁰⁵⁹ R. Swinburne, (2009) [1996] p. 16, pp.58-59. On peut citer également le livre *The existence of God* du même auteur [1979] dans la nouvelle traduction française de P. Clavier, parue en 2015, sous le titre *La probabilité du théisme* ; ainsi que les recherches de Peter Van Inwagen, (2017) dans l'ouvrage intitulé *La métaphysique*.

¹⁰⁶⁰ Saint Thomas d'Aquin, *ST*, (1994) I a, Q 2, art.3, Réponse, p.173.

¹⁰⁶¹ Saint thomas (1994), *Somme Théologique*, Ia, Q2, art.3, Solutions, p. 173.

¹⁰⁶² C. Bernard, *Cahier de notes (1850-1860)*, Paris, Gallimard, 1965, pp. 58-59.

haut » à la critique de Monod qui rassemble finalement toutes les philosophies et les religions sous le même jugement et leur adresse le même reproche, qu'elles soient strictement animistes ou aussi bien platonicienne, comme l'évoque le dernier chapitre de *HN*. En cela, d'ailleurs, n'y a-t-il pas des tensions mal élucidées par Monod lui-même, quant à son attrait/répulsion pour un certain platonisme récurrent - tantôt il le loue, tantôt il le blâme - et sa façon de le reléguer finalement avec toutes les philosophies de l'« ancienne alliance » ? Ce qui élargit finalement peut-être encore davantage sa critique envers les animismes et tout ce qui n'est pas la « nouvelle alliance » qu'il appelle de ses vœux, et qui est éminemment représentée par « l'éthique de la connaissance. » Toujours est-il que pour reprendre le fil d'une métaphysique que l'on pourrait nommer « réaliste » au sens large, et qui pourrait échapper à la critique de Monod, Dieu, dans cette perspective étant transcendant à sa création, ne fait pas nombre avec elle, et ce n'est pas Lui qui réalise son projet en s'auto-produisant et en auto-produisant après coup son invariance dans le temps : Dieu propose un projet de communion à un être intelligent, qui voit le jour au terme d'une longue évolution, pour lui accorder une autonomie pleine et entière, tout en restant Lui-même, sans confusion des natures. Ce n'est pas l'absolu qui réalise, à l'insu de l'être conscient, une manœuvre d'émancipation. Au contraire, il fait de cet être un agent coopérant, doué de conscience et de liberté. Tout ne se déroule pas selon un plan nécessaire car le projet de Dieu est de faire un être capable de se faire. L'excellence de Dieu est dans cette perspective de faire que les choses et les êtres se fassent. Dieu, cause première, n'ôte pas la liberté aux causes secondes qui ne seraient que des agents de ses desseins : il leur propose la vie et donne aux hommes une liberté pleine et entière pour réaliser cette vie au mieux. C'est vrai que Dieu étant le Bien absolu donc diffusif de soi a, dans cette perspective, pour projet, de communiquer sa vie par surabondance d'amour à d'autres êtres que Lui-même. Mais dans cette communication, les êtres que Dieu crée ne sont pas nécessaires au sens où s'ils reçoivent l'existence, ils auraient pu ne pas être, et s'ils sont, c'est par amour, et donc purement gratuitement. Seul Dieu étant l'être nécessaire, ses créatures reçoivent de Lui l'existence qu'ils ne peuvent se donner à eux-mêmes. La contingence est par conséquent le lot des êtres créés et, dans ce contexte, la philosophie thomiste entendant utiliser les concepts de la raison va jusqu'à affirmer que Dieu laisse une place au hasard puisqu'il en est l'auteur. Ainsi, dans la *Somme Théologique*, dans la question 116 article 1 de la Prima pars, saint Thomas va jusqu'à attester que l'existence du hasard se rapporte à une cause ordonnatrice intelligente, ce qui dans une certaine mesure peut se rapprocher des vues de Monod ou ne serait pas incompatible, et le conçoit voulu par Dieu Lui-même. « Rien n'empêche, dit-il dans la réponse de cet article, que ce qui arrive ici par

accident, comme étant fortuit ou l'effet du hasard, se ramène à une cause ordonnatrice, et qui agit par intelligence, surtout si c'est l'intelligence divine. »¹⁰⁶³ Ce qu'il confirme dans la solution au point 2 : « Rien n'empêche que certaines choses soient fortuites ou accidentelles par rapport à leurs causes prochaines. » Cependant, il ajoute : « et ne le soient pas par rapport à la Providence divine, car « c'est ainsi, dit saint Augustin que rien n'arrive par hasard dans le monde ». Il y aurait par conséquent une part de hasard et d'indétermination pour le vivant pour permettre la relative mobilité des causes secondes et *in fine* le développement de la liberté, chez un être doué de conscience.

Mais dans cette perspective, l'invariant, c'est Dieu Lui-même. De plus, sans vouloir faire de concordisme, mais pour donner un contre-exemple à la thèse de Monod sur la position de l'invariance de l'être vivant, dans les textes sacrés des deux grands monothéismes hébraïque et chrétien, on pourrait peut-être aussi rappeler que, d'une certaine façon, le texte référence de la création, à savoir le récit de la *Genèse*, ne contredit pas cette thèse de l'invariance précédant la téléonomie. En effet, le texte suppose l'être vivant comme un invariant, stable selon son espèce puis envisage sa croissance et sa multiplication comme une finalité venant ensuite. D'ailleurs, Monod exempte, comme nous l'avons fait remarquer, certaines philosophies du reproche adressé aux philosophies animistes. Il considère en particulier que la philosophie platonicienne ou tout au moins une partie de son héritage peut s'inscrire dans une recherche scientifique, car elle place l'invariant au fondement de sa quête et de sa vision des choses : « Quoi qu'il en soit, il y a et il demeurera dans la science un élément platonicien qu'on ne saurait en distraire sans la ruiner. Dans la diversité infinie des phénomènes, la science ne peut rechercher que les invariants. »¹⁰⁶⁴ La philosophie cartésienne, quant à elle, ne semble pas tomber non plus sous la critique portée contre les philosophies animistes. Monod, à plusieurs reprises, montre que sa conception de l'être vivant comme machine est cartésienne, ce qui a des répercussions anthropologiques importantes et sans doute discutables. On peut, par ailleurs, soulever une difficulté quant à l'appréciation de l'utilisation de l'usage de ces concepts d'invariance et de téléonomie : on voit bien qu'on ne peut pas calquer pour une philosophie ou pour une religion l'emploi de la téléonomie et de l'invariant au sens où ces termes sont employés dans un sens strictement biologique. La téléonomie ou téléologie métaphysique ou théologique dépasse forcément le cadre des performances des protéines d'un être vivant, tout comme l'invariant dépasse le cadre du code génétique, sauf à être tellement réducteur qu'on ne puisse absolument rien apprendre des philosophies

¹⁰⁶³ Saint Thomas d'Aquin (1994), p. 924.

¹⁰⁶⁴ J. Monod, (1970) p. 134.

animistes, ou que l'on ne puisse qu'en montrer l'inadéquation par rapport à ces critères strictement biologiques, qui ne parlent pas de la même chose que ces derniers.

Si Teilhard de Chardin voit une finalité d'ordre spirituel au cœur de l'évolution, il ne pense pas en ces termes, par exemple, car certains de ces écrits semblent signifier que la cause finale n'est nullement et en aucune façon transcendante à l'univers qui se déploie : elle lui serait totalement immanente. Or, Monod entend concevoir que toutes les religions et toutes les philosophies parlent de la même chose mais qu'elles commettent en quelque sorte une erreur de méthode ; prosaïquement, faudrait-il donc dire que toutes les religions et les philosophies animistes placent les protéines avant le code ? Ce que Monod ne dit justement pas car il veut élargir ses considérations mais n'en a peut-être pas ni les moyens ni la légitimité. Il opère une sorte de vaste extrapolation, en sortant ces concepts de leur cadre strictement scientifique et opérationnel et veut leur donner une visée et une portée beaucoup plus large.

Mais peut-il vraiment y parvenir ? La notion de téléonomie est intégrée par Monod à l'intérieur d'un cadre scientifique. Or la notion de finalité ou de téléologie ne peut pas relever en tant que telle de la science, mais bien d'une métaphysique ou d'un regard de sagesse, à partir d'un travail de la raison. La science ne peut pas faire concurrence avec ce regard de sagesse, en le considérant comme inadéquat au réel. Cette prétention excède ses possibilités. Elle ne peut ni affirmer ni nier la finalité tout comme elle ne peut ni prouver Dieu ni prouver qu'il n'existe pas. Elle peut tout au plus dire qu'elle n'en sait rien, mais elle ne peut pas dire que la finalité est incompatible avec la science, de science certaine. La finalité est un concept métaphysique que la science ne peut contredire. Est-ce à dire que les jugements métaphysiques sont non falsifiables, au sens de Popper et par conséquent irrémédiablement non scientifiques ? Sans doute, mais c'est peut-être aussi ce qui fait leur force, si précisément ils se savent non scientifiques mais proprement métaphysiques. Ce qui fait que, connaissant ses ressources et surmontant les apories kantiennes, la métaphysique a un bel avenir devant elle.

Du reste, la téléonomie sera ensuite jugée par Monod comme une finalité apparente qui cache bel et bien un mécanisme. Cette machinerie qu'est le vivant, parfaitement organisée, s'est constituée par l'effet du hasard, qui à coup d'essais et d'erreurs, est parvenu à trouver des solutions viables. C'est pourquoi, on pourrait dire que ce qui est mis en valeur pour expliquer l'évolution en tant que telle, c'est bien plus la variation que l'invariant lui-même, sujet à varier, sous l'effet de mutations brusques et imprévisibles au sein même de cet invariant de l'ADN, qui changent la donne, et qui au fil du temps, avec les différents croisements liés à la reproduction donnent des phylums tout à fait nouveaux, qui vont sans cesse continuer

d'évoluer. La question est de savoir si ces mutations, toutes explicables par des causes, même les plus inattendues, ne suivent elles-mêmes aucun projet ou si, au contraire, elles en suivent un inscrit dans les instructions du code génétique. Il y a ici une vraie question aussi bien scientifique que philosophique portant sur ces variations. La question de l'invariant placé avant ou après la téléonomie, inaugurée ici par Monod, en occupant le devant de la scène, occulte ici ou, en tout cas, ne tient pas compte ou n'envisage pas cette question de la variation qui est peut-être encore plus importante que celle dont il s'occupe à l'aide de ce critère de distinction entre sa propre philosophie naturelle et celle des animistes et des vitalistes. Sur ce point, ne pourrions-nous pas envisager, si la nature est réellement contingente, une certaine marge d'intervention pour le Créateur, qui tout en laissant les causes secondes à elles-mêmes peut toutefois donner des impulsions ou des orientations précisément ? Comme le suggère Sentis, « Si le monde corporel est susceptible de fluctuations aléatoires, rien n'empêche le Créateur d'intervenir de façon discrète pour orienter si le besoin s'en fait sentir le cours des choses. »¹⁰⁶⁵

Plus fondamentalement de ce point de vue, ne pourrait-on pas pousser le propos de Monod vers un certain hégélianisme ? En effet, une question de fond surgit car, en réunissant hasard et nécessité, Monod n'opère-t-il pas, lui aussi, selon une certaine dialectique ? De fait, on pourrait penser comme le dit Philippe Meire que « dans l'étude du vivant, les interactions entre le hasard et la nécessité rendent compte de la dialectique entre invariance et nouveauté. »¹⁰⁶⁶ On pourrait croire que oui, en lien avec cette dernière observation, mais en définitive on répondra par la négative, car Monod reste binaire au sens où le hasard s'immisce dans l'information des structures de l'invariant au niveau microscopique et la nécessité, quant à elle, agit au niveau de l'organisme, donc du macroscopique. « Tiré du pur règne du hasard, il (l'accident singulier inscrit dans la structure de l'ADN) entre dans celui de la nécessité, des certitudes les plus implacables. Car c'est à l'échelle macroscopique, celle de l'organisme qu'opère la sélection. »¹⁰⁶⁷ Pour Monod, il n'y a décidément pas de dialectique mais un jeu de passe-passe entre ces deux principes qui n'agissent ni au même moment ni au même niveau, et surtout pas de concert, mais bien au contraire dans une indépendance totale.

La contradiction épistémologique soulevée dès le chapitre 1 de *HN*, sera levée et donc ne sera qu'apparente aux yeux de Monod car la téléonomie elle-même sera expliquée par le hasard, comme dérivée de lui, puisée en lui. Le hasard devient la matrice de la pseudo-finalité, qui n'est que la nécessité qui s'ignore. Or, il n'y a pas de difficulté à faire sortir la finalité de

¹⁰⁶⁵ L. Sentis, (2010) p. 4.

¹⁰⁶⁶ P. Meire, dans *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie*, article « Biologie et subjectivité en psychiatrie »

¹⁰⁶⁷ J. Monod, (1970) p. 155.

l'absence totale de finalité, si précisément cette finalité se révèle être une pseudo-finalité. En fait, la téléonomie dans le vivant est finalement expliquée par le hasard. La conclusion finale de Monod mettant en scène cette contradiction dans le vivant se trouve très clairement explicitée par Michel Morange : « La finalité n'est qu'apparente : elle est, comme Darwin l'a montré, et la biologie moléculaire l'a confirmé, le produit du hasard et de la sélection naturelle. Monod donne le nom de téléonomie à cette finalité apparente. » C'est ainsi que la téléonomie devient nécessité. Or, la question métaphysique de la finalité du vivant et de l'univers reste intacte. Elle n'est décidément pas du ressort de la science.

Concluons en disant que le matérialisme scientifique de Monod ne lui permet pas de penser de façon totalement cohérente cette téléonomie, finalement objectivement inconcevable. Mais le fait même que Monod maintienne, envers et contre tout, cette téléonomie, est tout de même intéressant, car il voit tout de même, au sein du vivant, une finalité qu'il ne peut totalement penser et qui lui résiste. La tentative de Monod de considérer les deux concepts d'invariance et de téléonomie sur le même plan scientifique le met en difficulté car, dans la perspective où il se place, la téléonomie n'est pas seulement finalité interne au vivant mais la dépasse, puisqu'il ouvre le débat à la visée de l'univers entier. La finalité dans le vivant est finalement réglée, par Monod, comme une réalité apparente et non réelle, du point de vue scientifique. La question de la finalité de l'univers et du vivant, en tant que vivant, reste cependant intacte d'un point de vue métaphysique, contrairement à ce qu'une partie des positions de Monod voudrait laisser entendre. Car, nous voyons qu'elle constitue, à elle seule, non pas une solution mais bien plutôt un problème. La façon dont Monod conçoit la finalité dans l'univers et dans le vivant semble donc, à bien des égards, réductrice, et s'il est vrai que l'animisme est mort, une vision non matérialiste de l'univers garde toute sa consistance, non pas au nom de l'antériorité des acides nucléiques sur les protéines mais au nom d'une vision beaucoup plus élargie, et se situant à un niveau autre, que ce que la biologie moléculaire met à jour. La biologie moléculaire n'est pas toute la biologie, et la biologie, à elle seule ne peut être répondre de toutes les sciences. Or, si même la considération des sciences dans leur diversité est un élément à prendre en compte, elle ne constitue pas proprement la réflexion métaphysique qui certes, réfléchit, à partir d'elles et ne peut réfléchir sans elles, mais qui se situe, comme nous l'avons montré, à un autre niveau d'analyse.

III. Une clé d'interprétation : la cybernétique.

Monod étudie, avons-nous vu, l'adaptation enzymatique dans l'ensemble des mécanismes de β -galactosidase dans la bactérie *Escherichia coli*. Il élucide dès lors les mécanismes d'induction et de répression enzymatique soumis à un déterminisme génétique. Puis, il subsume ces analyses sous un concept plus général : « la cybernétique enzymatique », ¹⁰⁶⁸ qui deviendra l'intitulé de l'étude manuscrite de 1959, où ce terme n'apparaît ensuite plus qu'une fois dans le texte. La *Cybernétique* est un écrit embryonnaire, alors que l'opéron n'a pas encore été découvert. Jean Gayon remarque d'ailleurs que le titre traite de cybernétique « enzymatique » et non pas « moléculaire. » Aussi au niveau des découvertes scientifiques proprement dites, cet écrit sera dépassé. Pourtant, de l'avis de ce dernier, cet ouvrage non publié revêt « une précision prodigieuse ». Il reste très riche d'enseignement, non seulement au niveau de la philosophie de la méthode décrite, dont nous avons esquissé l'évolution en première partie de notre étude, mais aussi des principes d'une « ontologie » sous-jacente, au sens d'une « spéculation sur le genre d'entités et de propositions abstraites qui ordonnent la vision du monde biologique », comme le définit Jean Gayon. ¹⁰⁶⁹ La « philosophie biologique » de Monod apparaît dans cet écrit comme « immergée dans quelques lignes par-ci par-là », selon l'expression de ce dernier, c'est-à-dire que l'on peut trouver des réflexions d'ordre ontologique au milieu de genres d'identités et de propriétés fondamentales. L'ontologie n'est pas un terme de Monod mais sa philosophie biologique conduit au seuil d'une ontologie offrant la possibilité de dégager certains principes.

Pourquoi cette référence à la cybernétique ? La cybernétique est la science des systèmes autorégulés. Née de la rencontre, dans les années 40, entre des mathématiciens tels Wiener, Von Neumann, des physiciens et des techniciens comme Bush et Bigelow, la cybernétique est présentée pour la première fois de façon synthétique dans l'ouvrage de Norbert Wiener, paru en France en 1948, qui a pour titre *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. Cependant, dans le manuscrit de la *Cybernétique enzymatique*, ce terme de « cybernétique » n'est ni commenté ni analysé nulle part ; toutefois, le mot de « gouvernement », venant du verbe grec « *Kubernō* » signifiant gouverner - dont le terme cybernétique est directement issu - s'y trouve employé de façon quasi synonyme. ¹⁰⁷⁰ C'est dans *HN* que la définition de ce terme apparaît. Dès le chapitre 2, Monod annonce l'étude des « mécanismes cybernétiques moléculaires qui règlent l'activité et la croissance cellulaires. » ¹⁰⁷¹ Ceux-ci constitueront proprement l'objet du chapitre 4. Monod réemploie en effet ce

¹⁰⁶⁸ J. Monod, *Cybernétique enzymatique*, juin-juillet 1959, document dactylographié inédit, Paris, archives de l'Institut Pasteur.

¹⁰⁶⁹ J. Gayon, dans *Une nouvelle connaissance du vivant*, éditions rue d'Ulm (2012), p. 33.

¹⁰⁷⁰ J. Monod, (1959) p. 30.

¹⁰⁷¹ J. Monod, (1970) p. 47.

terme de cybernétique dans l'intitulé même du chapitre 4 de *HN*, nommé cette fois « cybernétique microscopique ». Que révèle cet emploi de la cybernétique et l'utilisation de tout le vocabulaire emprunté autour de cette notion ? En effet, un nouveau lexique moléculaire cybernétique apparaît. Les termes d'information, de décision chimique, de self-induction, de rétro-inhibition, de contrôle et de gouvernement sont abondamment mis en évidence et définis, de façon totalement nouvelle, dès la *Cybernétique enzymatique*, complétés dans le chapitre 4 de *HN* par les notions d'inhibition ou d'activation rétroactive, en parallèle, par un précurseur ou par un substrat, appliquées à la biologie moléculaire, selon le modèle spécifiquement allostérique présenté en *HN*. Monod souligne qu'en matière de métabolisme cellulaire, « si même, à chaque étape, l'enzyme qui en a la charge accomplit sa tâche à la perfection, la somme totale de ces activités ne pourrait conduire qu'au chaos si elles n'étaient pas, en quelque manière, asservies les unes aux autres pour former un système cohérent. »¹⁰⁷² La cybernétique met dès lors en lumière non seulement la complexité des relations allostériques mais encore cette complexité de l'organisme tout entier où chaque élément se trouve asservi à un autre et où le système en place est régi par des régulations extrêmement fines et efficaces, qui assurent l'équilibre de l'ensemble de toutes ses opérations. En effet, comme le montre Henri Buc, s'opère progressivement chez Monod un déplacement d'une étude du gène à celle du génome, et donc à l'étude d'une cybernétique avec des systèmes complexes intégrés. Particulièrement, dans ses derniers écrits, après la publication de *HN*, Monod fait du génome tout entier un système régulateur capable de recevoir comme de transmettre l'information fonctionnelle, reprenant en cela l'ébauche de *La cybernétique* jamais publiée. Le modèle n'est plus uniquement celui de la régulation allostérique. Ce système est en effet « informé par l'ensemble des boucles de rétroaction engendrées par les protéines qu'il a codées. »¹⁰⁷³ Ainsi, « le génome intégré dans les multiples circuits de régulation devient la source de toute nouveauté. »¹⁰⁷⁴ Cette régulation se fait selon différents parcours, telles la rétro-inhibition, la répression, qui est une forme spéciale d'inhibition ou encore la self-induction, bref, tous les processus mis en avant dans la *Cybernétique enzymatique*. Monod présente dès lors un système intégré reposant sur des cycles cybernétiques complexes qui existent déjà dans les cellules les plus primitives et dont va dépendre, dans toute l'échelle du vivant, toute l'hérédité et toute la morphogénèse. Henri Buc invite en particulier, pour découvrir cet aspect, à la lecture d'un article de Monod paru dans *Le Journal of Philosophy*

¹⁰⁷² J. Monod, (1970) p. 87.

¹⁰⁷³ H. Buc, Kimè, (2010) p. 161.

¹⁰⁷⁴ H.Buc, (2010) p. 163.

and contemplative Religion, Theoria to theory », ¹⁰⁷⁵ intitulé « On the molecular theory of evolution » ¹⁰⁷⁶ où Monod explicite ce point de vue de façon très appuyée : « *Of the greatest significance is the recognition that complicated regulatory, cybernetic cycles exist in even the most primitive cells...This finding confirms a theory according to which the genome is closely integrated system and the expression of the information stored in one gene nearly always depends on the action of other genes.* » ¹⁰⁷⁷

Avant son emploi dans *HN*, Monod avait déjà pris le parti de faire remarquer, dès la *Leçon Inaugurale*, que cette cybernétique se rapproche par certains côtés de la mémoire d'une calculatrice et s'en distingue néanmoins : elle s'en rapproche essentiellement par la structure, en particulier par le système de numération des quatre bases de l'ADN, à rapprocher du système binaire de la calculatrice, mais elle s'en sépare par ses fonctions. « Analogie légitime, dit-il en effet, dans la mesure où l'on ne considère que les structures logiques, mais non les fonctions. La mémoire d'une calculatrice contient des informations ou instructions, sous forme de nombres écrits en général dans un système binaire. De façon strictement comparable, les instructions nécessaires à la synthèse des constituants cellulaires sont contenues dans l'ADN, sous formes de séquences linéaires de quatre radicaux chimiques ; donc dans un système de numération à base quatre. (Ainsi l'ADN d'un mammifère supérieur, l'homme par exemple, contient une séquence de radicaux correspondant à 12 milliards environ de choix binaires, celui d'un insecte environ 200 millions, celui d'une bactérie 20 millions). » ¹⁰⁷⁸ La cybernétique n'obéit cependant pas à une structure totalement identique à celle qui régit l'informatique et ce pour plusieurs raisons, toutes liées à la différence de fonction. En effet, Monod poursuit : « Mais la fonction de l'ADN dans la cellule est radicalement différente de celle de la mémoire magnétique d'une calculatrice (de toutes celles, tout au moins qui existent à l'heure actuelle). » Monod énonce trois raisons à cette différence :

La première raison de leur différence tient à l'action directe de l'ADN sur les constituants cellulaires, alors que la machine ne contient pas de programme concernant ses composants eux-mêmes : l'ADN a pour fonction de construire son propre programme de fonctionnement. Comme le dit Monod, « En premier lieu, la mémoire d'une calculatrice contient en général des informations et un programme qui ne concernent en rien la structure physique de la machine elle-même, celle de ses composants par exemple. Les informations contenues dans

¹⁰⁷⁵ In *Theoria to theory*, (1977), *International Journal of Science, Philosophy and contemplative religion*, vol 10 n°4, p. 307.

¹⁰⁷⁶ H. Buc, « *On the molecular theory of evolution* » (1973), *Herbert Spencer Lectures Book*.

¹⁰⁷⁷ J. Monod, « L'évolution microscopique » p. 303-311, dans *Theoria to theory*, vol.10, n°4 (1977) p. 307-308.

¹⁰⁷⁸ J. Monod, (1967), p. 7.

l'ADN consistent au contraire, exclusivement, en prescriptions relatives à la synthèse des constituants cellulaires, c'est-à-dire, en définitive, des agents d'exécution du programme lui-même. »

La deuxième raison tient à la structure invariante de l'ADN, de laquelle dériverait cette fonction irréversible de l'ADN vers l'ARN. Cette seconde différence se trouve exprimée par Monod en ces termes : « En second lieu, la mémoire d'une calculatrice est modifiable. Elle peut s'enrichir aussi bien d'instructions nouvelles, communiquées de l'extérieur, que de résultats obtenus par la machine elle-même. La structure (donc le contenu informatif) de l'ADN est au contraire essentiellement invariante, inaccessible à toute « instruction », à toute expérience vécue par l'organisme. »

La troisième raison provient du caractère répliatif de l'ADN, fonction de reproduction à l'identique qui n'est pas une fonction possible de la machine informatique. Monod exprime très clairement ce dernier point : « Enfin et surtout, l'aboutissement, c'est-à-dire, objectivement, le « but » du programme contenu dans l'ADN, est de reproduire exactement, de multiplier *ne varietur* la structure de cet ADN lui-même. »¹⁰⁷⁹

Cela dit, ces distinctions n'insistent pas encore assez sur l'importance d'une cybernétique comme la conception d'un système entièrement autorégulé. Cet éclairage se trouvera accentué dans le texte inédit de *La cybernétique enzymatique* et dans *HN*. Dans le premier texte que nous venons de citer, cette conception se trouve principalement exprimée au chapitre 3 intitulé « Cybernétique et dynamisme » dans lequel Monod différencie philosophiquement la notion intrinsèquement fautive, selon lui, de « matière vivante », pour l'opposer à la conception selon laquelle seul un système est vivant. Monod y récuse le terme de dynamisme, qui fait appel à une conception de la vie qu'il rejette, au profit de celui de cybernétique. Il s'attaque en particulier à la métaphore de la flamme de la vie. Il constate que « l'image traditionnelle de la vie comme la flamme instable, tremblante, constamment recréée, d'une bougie, est profondément implantée chez chacun d'entre nous, biologiste ou non. » Cette erreur est liée à une erreur d'appréciation du monde microscopique conçu sous le mode du macroscopique ; c'est ce que Monod exprime à la suite : « Et certes, cette image décrit la vie et sa lutte constante et incertaine contre le courant entropique telle qu'elle nous apparaît à notre niveau macroscopique. Instinctivement et implicitement, nous tendons à transférer au monde microscopique, c'est-à-dire moléculaire, notre expérience et nos descriptions du monde macroscopique. C'est ainsi que l'on parle souvent de " matière vivante " ou de " molécule vivante ". (...) Or, l'idée de matière vivante est erronée. Seules les cellules sont vivantes. »

¹⁰⁷⁹ J. Monod, (1967), p. 7.

C'est donc à tort que l'on parle de matière vivante car seul le système en tant que tel - ici, la cellule - est vivant. Cette erreur est doublée, selon Monod, de l'obligation de maintenir, à tort, l'idée d'une création continue. C'est en effet ce qu'énonce Monod en poursuivant la justification du refus de cette notion de matière vivante en ces termes : « La notion de l'état dynamique suggérerait de nous représenter les "molécules vivantes" elles-mêmes comme des unités instables, maintenues seulement au prix d'un effort et d'une création continue. Et dans cette dynamique moléculaire, on pouvait supposer voir le mouvement, sinon le secret de la vie elle-même. Mais bien entendu, l'idée de 'matière vivante' ou de "molécule vivante" ne correspond à aucune réalité. » Et il conclut par la thèse déjà énoncée plus haut : « Seules les cellules sont vivantes, mais non pas les molécules et l'image de la flamme de bougie ne s'applique pas au niveau moléculaire. Schrödinger, avec la prescience du génie, avait compris que non seulement la précision, mais la stabilité et la rigidité des structures macromoléculaires étaient l'un des attributs nécessaires et essentiels du matériel héréditaire. »¹⁰⁸⁰ L'état dynamique est celui tel que l'envisageaient, par exemple, les travaux scientifiques de Schoenheimer selon lequel aucune molécule n'était stable ; dans *HN*, nous trouvons d'ailleurs encore en ce sens une petite allusion à Schoenheimer, critiquée par Monod. Cette conception d'un état dynamique de la matière est donc totalement récusée par Monod au profit de cette conception d'une cybernétique.

DISCUSSION

La cybernétique comme système auto-régulé de l'organisation du vivant offre un modèle extrêmement pertinent pour expliquer l'organisation du vivant. Nous verrons tout d'abord en quoi Monod récuse par avance l'argument de la complexité irréductible de l'intelligent Design qui poserait un *Designer* au cœur des processus physiques, en faisant valoir la constitution de la complexité de cet organisme tout au long de l'évolution. Puis, nous soulignerons l'affirmation de Monod selon laquelle il n'y a pas de matière vivante mais un système vivant et montrerons qu'elle peut laisser ouverte la voie à une réflexion métaphysique sur la matière, question que nous aborderons dans cette discussion. A l'issue de ces observations, nous nous demanderons si la cybernétique à elle seule peut expliquer le dynamisme du vivant, et si celle-ci rend raison du fait que cette matière existe de telle sorte qu'elle continue à s'organiser ?

¹⁰⁸⁰ J. Monod, *Cybernétique enzymatique*, ch. 3.

Le terme de cybernétique reprend la métaphore du gouvernement. Mais qui gouverne ? L'ADN ? Les protéines ? Le projet ? Monod parle d'une autorégulation des protéines enzymatiques. Comment penser un principe d'ordre sans $\acute{\alpha}\rho\chi\eta$? Peut-on vraiment affirmer que ce principe d'ordre lui-même repose, en définitive, sur les mutations au hasard puis sur la sélection ? Cela est-il intellectuellement recevable ?

Il nous semble opportun de faire mention ici des considérations de Louis de Broglie¹⁰⁸¹ sur le sens philosophique et la portée pratique de la cybernétique. En particulier, de Broglie fait état des succès de la cybernétique dans le domaine de la physiologie normale et pathologique du système nerveux.¹⁰⁸² Il suggère alors que « si la cybernétique nous ouvre ainsi des perspectives nouvelles sur le fonctionnement du système nerveux et sur le mécanisme de notre activité mentale, elle peut aussi fournir de précieuses indications sur les processus vitaux en général, ceux-ci reposant en effet sur un réseau extrêmement compliqué d'actions et de réactions où les notions de signaux, de transmissions, et de neg-entropie doivent nécessairement jouer un rôle essentiel. »¹⁰⁸³ L'intuition avec laquelle il poursuit l'analyse est très proche des convictions de Monod, tout en émettant des réserves : « En poussant cette idée à l'extrême, poursuit-il, en effet, - et sur ce point j'aurai à faire des réserves - on en arrive à se demander si les organismes vivants ne sont pas totalement assimilables à des automates dont la *Cybernétique*, en s'appuyant sur des lois uniquement physico-chimiques, parviendra un jour à expliquer complètement le mécanisme. » De quelle nature sont les réserves émises de la part de cet auteur ? Il avance que si la machine est rapide, « elle ne possède pas cette faculté créatrice, ce désir d'aller au-delà de ce qui est déjà acquis, qui sont les caractéristiques essentielles de la pensée humaine. »¹⁰⁸⁴ Il lui manque assurément « cette propriété essentielle des êtres humains sans laquelle la pensée est inconcevable : la conscience de leur existence et de leur personnalité. »¹⁰⁸⁵ Pour de Broglie, la cybernétique ne pourra fournir la clé de l'ensemble des phénomènes biologiques. Il ne croit pas « qu'on puisse penser qu'elle nous fournisse, à elle seule, la solution de la triple énigme de la Vie, de la Conscience et de la pensée. »¹⁰⁸⁶

Ruyer, de son côté, fait une étude très détaillée de la cybernétique.¹⁰⁸⁷ Son argument, selon lequel la cybernétique n'expliquera jamais la vie, rejoignant en cela l'analyse de de Broglie, a-

¹⁰⁸¹ L.de Broglie, *Sens philosophique et portée pratique de la cybernétique*. Nouvelle revue Française, juillet 1953, p. 60-85.

¹⁰⁸² L.de Broglie, p. 71.

¹⁰⁸³ L.de Broglie, p.73.

¹⁰⁸⁴ L.de Broglie, p. 80.

¹⁰⁸⁵ L.de Broglie, p. 80.

¹⁰⁸⁶ L.de Broglie, p. 83.

¹⁰⁸⁷ R. Ruyer, *La cybernétique et l'origine de l'information* Flammarion 1954.

t-il du poids ?¹⁰⁸⁸ Ce sont, avant tout, les tentatives pour traiter, par la cybernétique mécaniste, la morphogenèse de l'individu,¹⁰⁸⁹ ainsi que la morphogenèse des espèces, qui semblent conduire, d'après cet auteur, à des impasses. L'ébauche, au sens fort, semble inconciliable avec la notion d'un programme tout inscrit. Ruyer pense que, récusant l'état dynamique de la molécule, Monod s'inscrit dans un « néo-cartésianisme » de la génétique, selon lequel « l'organisme n'apparaît plus aujourd'hui comme un équilibre dynamique qui n'aurait que le genre de stabilité d'une flamme en *steady state*, avec un flux constant de matériaux, mais comme une sorte de jeu de dominos, dans un structuralisme spatial strict. »¹⁰⁹⁰

La cybernétique risque de ce fait de n'être qu'une métaphore, laissant échapper ce qui fait le propre de la vie de l'organisme, tout comme d'ailleurs risque de l'être aussi la notion de programme génétique, comme nous en discuterons plus loin, selon la critique de l'emploi de ces deux termes qu'en a fait Evelyn Fox Keller, critique comparable à celle qui est menée par les auteurs de *La nouvelle alliance*, s'appuyant sur les propos de Weiss et de Waddington : « Attribuer à des molécules, par une métaphore anthropocentrique ou technocentrique, le pouvoir de contrôler, d'informer, de réguler, et cela à un niveau macroscopique, c'est selon eux faire passer la position du problème pour sa solution. La cellule n'est pas en effet un circuit électronique, elle ne peut être assimilée à un montage dont chaque relais est effectivement capable de déterminer le fonctionnement global du système, et peut donc à juste titre être dit responsable de ce fonctionnement. »¹⁰⁹¹ Les auteurs fondent ce jugement sur l'indéterminisme foncier du milieu cellulaire. L'autre raison de la mise en cause de ce modèle cybernétique vient qu'il pose le problème du passage de la description de l'activité moléculaire à l'ordre supermoléculaire de la cellule. L'ordre de grandeur est hétérogène alors que dans un circuit électronique « relais et circuit appartiennent à la même échelle »,¹⁰⁹² ce qui permet d'en déduire le fonctionnement ; tandis que « la cohérence du comportement essentiellement aléatoire de la population des molécules biologiques ne peut pas être déduite de l'activité régulatrice des enzymes. »¹⁰⁹³

Cela dit, comme par avance, Monod semble répondre ici, à juste titre, d'une certaine façon, à l'argument de *l'Intelligent Design*, faisant valoir une complexité irréductible, qui ne peut qu'être le fait d'un *designer* qui monte l'ensemble des pièces du dispositif de tel ou tel organisme. En effet, d'un strict point de vue scientifique, Monod entend montrer que cette complexité du vivant qui fait de l'organisme un véritable système régulé s'explique en fait par

¹⁰⁸⁸ R. Ruyer, *La Cybernétique et l'origine de l'information*. Flammarion, 1954. p. 236-239.

¹⁰⁸⁹ R. Ruyer, *La genèse des formes vivantes*, Flammarion, 1956.

¹⁰⁹⁰ R. Ruyer, *La cybernétique et l'origine de l'information*, p. 239.

¹⁰⁹¹ I. Prigogine et I. Stengers, (1986), p. 236.

¹⁰⁹² I. Prigogine et I. Stengers, (1986), p. 236.

¹⁰⁹³ I. Prigogine et I. Stengers, (1986), p. 236.

l'évolution, qui, au cours du temps, par la sélection naturelle, fait advenir un vivant, qui conserve toutes les mutations avantageuses, qui, non seulement préservent sa survie, mais encore le rendent de plus en plus performant. Monod insiste sur « la *gratuité* même de ces systèmes qui, ouvrant à l'évolution moléculaire un champ pratiquement infini d'exploration et d'expériences, lui a permis de construire l'immense réseau d'interconnexions cybernétiques qui font d'un organisme une unité fonctionnelle autonome dont les performances paraissent transcender les lois de la chimie, sinon leur échapper. »¹⁰⁹⁴ Comme le signale l'explication de Miller, « les parties individuelles de la machine complexe apparaissent d'abord comme des unités fonctionnelles, qui sont ensuite empruntées, ou volées, pour d'autres fins. »¹⁰⁹⁵ D'où le fait que tous les systèmes complexes, « simples et imparfaits » au début, selon les qualificatifs employés par Darwin lui-même, commencent à évoluer à partir de matériaux basiques.

À cela, on peut faire valoir que cette explication scientifique est sans doute tout à fait « correcte », mais on est en droit de se demander si c'est, en fait, une explication « ultime », selon la distinction que fait Swinburne.¹⁰⁹⁶ Car, d'une part, Monod pense la sélection naturelle comme un facteur d'élimination, mais sans véritablement expliquer ni comprendre pourquoi telle ou telle mutation se produit, mis à part l'appel fait au hasard, avec tout le caractère problématique que recèle ce concept, comme les analyses précédentes l'ont déjà fait ressortir. D'une part donc, pour reprendre les termes de Swinburne, « la sélection naturelle est une théorie de l'élimination ; elle explique pourquoi tant de variations produites par l'évolution ont été éliminées : elles n'étaient pas aptes à la survie. Mais elle n'explique pas pourquoi ces variations ont été produites en premier lieu. »¹⁰⁹⁷ D'autre part, comme le souligne encore ce dernier, tant la prise en compte de la tendance des objets matériels à se diriger vers un but que celle de l'ordonnement des animaux et des êtres humains n'excluent pas la possibilité, sur un plan métaphysique, « d'un esprit intelligent par lequel toutes choses naturelles soient ordonnées à leur fin ». En ce sens, celui-ci rappelle l'argument métaphysique fondé sur la finalité décelable dans le vivant, à la fois cohérente et optimale, et qui n'est pas considérée, comme au plan scientifique, comme une simple métaphore ; en effet, c'est déjà tout le sens de la cinquième voie de saint Thomas d'Aquin tirée de la *Somme Théologique* Prima pars, Q.1, art. 2, 3, énoncée plus haut, mais qui ne pointait pas tout à fait exactement le même aspect, puisque le thème visait la téléonomie en général, sans viser particulièrement le système intégré que représente la cybernétique du vivant. Reprenons en ici les termes clés puisque l'organisme n'est pas dans ses fonctions proprement organiques conscient de celles-ci,

¹⁰⁹⁴ J. Monod, (1970) p. 104.

¹⁰⁹⁵ K. R. Miller, *A la recherche du Dieu de Darwin*, (2009) p. 192.

¹⁰⁹⁶ R. Swinburne, (2009) p. 65.

¹⁰⁹⁷ R. Swinburne, (2009) p. 86.

il s'agit bien d' « un corps naturel privé de connaissance » et qui pourtant obéit à des règles de fonctionnement, en étant lui-même le support de tous ces mécanismes intégrés ; en ce sens, ce qui est privé de connaissance agit de manière intelligible . Nous voyons bien qu'ici la considération de la fin est bien une réflexion qui fait appel à un principe métaphysique. Mais, il y a une vraie rigueur dans l'argument qui rapporte ces fins de l'être privé d'intelligence à Dieu. « Ce qui est privé de connaissance ne peut tendre à une fin que dirigée par un être connaissant et intelligent, comme la flèche par l'archer. Il y a donc un être intelligent par lequel toutes choses naturelles sont ordonnées à leurs fins, et c'est cet être que nous appelons Dieu. »¹⁰⁹⁸ L'observation de saint Thomas revêt une véritable consistance, d'un point de vue métaphysique, car si la « voie » n'est pas une preuve scientifique, au sens d'une démonstration scientifique qu'elle ne peut fournir, Dieu étant au-delà de toute expérience possible, elle peut, à titre d'argument, se révéler une hypothèse simple, efficace et plausible. La seule chose, c'est que la cybernétique relève la stricte autonomie du vivant sans le rapporter, métaphysiquement à un principe, et c'est tout à fait légitime. Non seulement c'est un droit pour la science, mais c'est même un devoir de ne regarder qu'aux causes physiques et à toutes leurs interactions. Scientifiquement, l'explication matérialiste est viable car les organismes fonctionnent et leur fonctionnement peut relever de cette explication. Maintenant, si la biologie donne des réponses sur le pourquoi ces organismes fonctionnent, elle ne répond pas sur la raison qui fait qu'ils ont reçu la matière qui est telle que cela fonctionne ? Cette question relève de l'ordre de la métaphysique. Comme le demande encore Swinburne, après avoir reconnu que les lois de l'évolution découlent sans nul doute des lois de la chimie qui gouvernent la matière organique, elles-mêmes dépendantes des lois de la physique : « Pourquoi précisément ces lois fondamentales de la physique, plutôt que n'importe quelles autres ? »¹⁰⁹⁹ D'un point de vue scientifique, on peut répondre qu'elles ont permis l'avènement du vivant. Du point de vue d'une métaphysique théiste, il serait possible d'envisager qu'elles aient été posées par Dieu en vue de cet avènement.

Un autre élément de débat, pouvant entrer en dialogue avec la pensée de Monod pourrait porter sur sa raison de refuser la notion de « matière vivante », qui, fait appel, à tort aux yeux de Monod, à une notion d'effort et de création continue. Il vise en cela sans doute la vision d'un penseur comme Bergson, et l'on connaît le refus que Monod oppose au vitalisme métaphysique de ce dernier. Toutefois, il serait ici de la plus haute importance de rappeler la conception de Maxwell qui met en lumière, qu'en dépit des changements opérés au cours de l'évolution, les atomes, qui constituent la matière elle-même, restent inchangés. Monod

¹⁰⁹⁸ Saint Thomas d'Aquin, (1994) *ST*, Prima pars, Q. 2, article 3, p. 173.

¹⁰⁹⁹ R. Swinburne, (2009), p. 63.

n'interroge pas cette réalité et pourtant cela l'aurait sans doute conduit au seuil d'une nouvelle réflexion métaphysique, réflexion de tout premier ordre. Dans sa Conférence présentée devant la *British Association* de Bradford¹¹⁰⁰, Maxwell fait valoir en effet « qu'aucune théorie de l'évolution ne peut rendre compte de la similitude des molécules, car l'évolution implique nécessairement un changement continu et la molécule ne peut croître ni diminuer, et ne connaît ni la génération ni la destruction. Aucun processus de la nature, depuis que la nature a commencé, n'a produit la plus mince différence dans les propriétés d'une molécule. »¹¹⁰¹ Ceci l'amène à se trouver au seuil d'une pensée métaphysique, car partant de considérations proprement scientifiques, la science ne peut que constater que la molécule est bien là mais son existence en tant que telle, et l'identité de ses propriétés à travers le temps ne relèvent pas d'un processus explicable par la nature. Il poursuit en effet l'examen en ce sens : « Nous sommes, par conséquent, dans l'impossibilité d'attribuer l'existence des molécules ou l'identité de leurs propriétés à l'action d'une des causes que nous appelons naturelles. [...] Ainsi, sommes-nous conduits, en suivant une voie strictement scientifique, au plus près du point où la science doit s'arrêter. Non que la science n'ait plus à étudier le mécanisme interne d'une molécule dont elle ne peut saisir les éléments, ni à examiner un organisme, qu'elle ne peut rassembler. Mais en retraçant l'histoire de la matière, la science est arrêtée quand elle s'assure, d'une part que la molécule a été faite, et d'autre part qu'elle n'a été faite par aucun des processus que nous appelons naturels. »¹¹⁰² Cette constatation, certes réfutable d'un certain point de vue, car la physique actuelle, selon le modèle standard, met l'accent sur l'obligation de tenir compte du fait qu'il y a eu aussi une évolution, à travers le temps, de la constitution des atomes eux-mêmes, avec l'apparition d'abord des plus légers, tel l'hydrogène, qui se sont transformés ensuite en atomes de plus en plus lourds.¹¹⁰³ Cela dit, cette analyse, toute réfutable en un certain sens qu'elle soit, car elle omettrait de considérer l'évolution de la formation des atomes eux-mêmes, a cependant conduit Maxwell au seuil d'une affirmation métaphysique qui revêt une portée extrêmement forte, de la part d'un scientifique et dont la teneur est toujours d'actualité, car indépendante, en définitive des avancées scientifiques : « La science est incompétente pour raisonner sur la création de la matière à partir de rien. »¹¹⁰⁴ La matière, à elle seule, semblerait donc, d'après Maxwell, impliquer l'idée de création, et non pas uniquement la matière « vivante », si tant est que l'on pût en établir la réalité. C'est cet aspect

¹¹⁰⁰ J.C. Maxwell, Conférence présentée devant la *British Association* de Bradford, *Nature*, volume VIII, 25 septembre 1873, 437-441. Œuvres, II, 361-378.

¹¹⁰¹ J.C. Maxwell, *Les atomes*, pp. 201-202.

¹¹⁰² J.C. Maxwell, *Les atomes*, p. 202.

¹¹⁰³ Voir par exemple Guy Norel, *Histoire de la matière et de la vie. Les transformations de l'énergie et l'évolution*, Paris, Maloine, 1984.

¹¹⁰⁴ J.C. Maxwell, *Les atomes*, p. 202.

qui semble totalement ici échapper à Monod, qui ne peut concevoir la création que comme surgissement de réalités nouvelles, comme « création continue » en ce sens, influencé en cela sans doute par le physicien Fred Hoyle, sans voir l'aspect d'une « création continuée », au sens d'une création qui se maintient, qui perdure, sous la dépendance d'un principe qui ne cesse de la faire exister.

Ainsi, comme le font remarquer Gustave Malécot et Jeanne Parain-Vial, dans un article intitulé : « Peut-on justifier une métaphysique par les résultats de la science ? » qui tente de porter un jugement sur les prises de position de Monod à travers le parcours de *HN*: « Il faut dire que Monod ne fait que reculer la constatation du mystère de l'existence, en semblant donner souvent l'illusion de le résoudre alors qu'il ne fait que l'étudier. En effet, quand bien même il ne prétendrait pas le résoudre, on le comprend souvent de cette manière. »¹¹⁰⁵

En effet, il reste que Monod ne résout pas le problème de l'origine de l'être puisqu'il faudra toujours expliquer qu'il y ait « quelque chose plutôt que rien. »¹¹⁰⁶ Ce qui n'est pas la même chose que de chercher à attribuer aux atomes primitifs les virtualités causales qui permettent d'expliquer tous les phénomènes dérivés. On peut donc tenter d'expliquer toujours plus avant l'évolution, sans pour autant parvenir à la comprendre, car cela reviendrait à savoir pourquoi les possibilités offertes par le jeu des mutations existaient déjà dans la matière, vivante ou inerte. Cela dit, il ne nous faut pas céder au risque d'un amalgame entre le concept d'une création qui s'opère tout au long de l'évolution avec l'idée d'un créateur qui maintient et fait subsister à tout moment sa création, et le concept d'un commencement dans le temps. La seule véritable idée de « création » est, sans doute, celle qu'il convient de qualifier de « continuée », comme le défend Paul Clavier, car « lorsque nous envisageons une éventuelle cause de l'existence comme intervenant à un moment privilégié, peut-être nous passons à côté du seul concept viable de création, qui est [précisément] celui de création continuée. »¹¹⁰⁷ On retrouve ici la proposition exprimée dans la doctrine de saint Thomas d'Aquin : « Ce n'est pas par une opération différente que Dieu produit les choses dans l'existence et qu'il les conserve dans l'existence. »¹¹⁰⁸ Proposition dont la science contemporaine, aux prises avec la thèse de l'évolution, peut contribuer à nous en faire mesurer toujours plus la portée.

Concluons. La biologie moléculaire met en avant un système de régulation extrêmement fin et complexe régissant l'organisation du vivant, totalement confirmé par les résultats actuels. Les

¹¹⁰⁵ G. Malécot et J. Parain-Vial, (oct-déc1971), « Peut-on justifier une métaphysique par les résultats de la science ? » *Les Études philosophiques*, p. 483-494.

¹¹⁰⁶ G.W. Leibniz, [1712], (1996) *Principes de la Nature et de la Grâce*, §7, p. 228.

¹¹⁰⁷ P. Clavier, « *Science is incompetent to reason upon creation of matter itself out of nothing.* » p. 8. en ligne.

¹¹⁰⁸ Saint Thomas d'Aquin, *De potentia*, q.5, art.1, resp.ad 2, *Quaestiones disputatae*, éd. P. M. Pession, Turin, Rome, Marietti, 1953, vol.II, p. 132.

réseaux de causalité ne sont plus à penser selon un schéma de causalité linéaire. Les nombreuses boucles de rétroaction montrent à quel point toutes les activités, tant au niveau bio-moléculaire dans la cellule que de l'organisme tout entier, sont asservies les unes aux autres. Cette « cybernétique », visant à expliquer tous les mécanismes à l'origine du vivant, met donc en avant des circuits récurrents en biologie et des couplages rétroactifs, qui viennent remplacer la mono-causalité. Ainsi, l'aspect pluridimensionnel des causalités de l'ensemble des réactions biomoléculaires, tant adaptatrices, au cours de l'évolution, que régulatrices avec l'apparition du règne animal, ouvre à une nouvelle compréhension du vivant, dont les organisations en réseaux échappent à la modélisation par la mathématique classique, tout en devenant, en partie, pour le moment du moins, modélisables par les systèmes informatiques. Comme le souligne M. Morange, pour comprendre le vivant, « la biologie doit laisser de côté l'étude des gènes et des protéines isolés pour considérer le fonctionnement intégré des systèmes complexes. »¹¹⁰⁹

Cette organisation manifestant la spontanéité autonome du vivant n'est cependant pas un argument pour instaurer nécessairement un matérialisme métaphysique. Si la cybernétique explique le dynamisme du vivant, elle n'en rend pas nécessairement raison.

En effet, si l'on se réfère à un principe créateur, cela pourrait conduire à une meilleure compréhension de ce dernier dont la cybernétique permettrait de donner une idée, par analogie, de ce qui pourrait constituer son "énergie" : ce serait un principe beaucoup plus dynamique que toutes les conceptions connues relativement statiques de l'Etre Créateur laissaient percevoir, qui bien que d'une absolue simplicité aurait la capacité de réunir en lui les contraires et de fondre en lui tout leur apport, intégré dans une seule saisie. S'appuyant sur l'analogie que représenterait le vivant, une théologie théiste de la Trinité pourrait s'en trouver, pour une large part, renouvelée, comme le suggère A. Ganoczy.¹¹¹⁰

De plus, comme le fait remarquer Swinburne, « la réussite de la science consiste justement à nous montrer combien le monde naturel est profondément ordonné, ce qui nous fournit de solides raisons de penser que la cause de cet ordre est bien plus profonde. »¹¹¹¹ Loin de fermer le débat sur une auto-clôture de la science biologique, cette mise en ordre scientifique peut ouvrir la voie à une interrogation métaphysique sur l'auto-organisation de la matière, en système, et à son fondement possible dont elle serait une forme d'analogie, en tant que création continuée de plus en plus complexe et intriquée, en tous ses éléments. Nous avons déjà suggéré, à cet égard, l'intuition métaphysique de sainte Hildegarde sur le caractère de

¹¹⁰⁹ M. Morange, (2011), p. 75.

¹¹¹⁰ A. Ganoczy, (1995), p. 198.

¹¹¹¹ R. Swinburne, (2009), p. 72.

l'organisme où tout apparaît lié, et intriqué dans des relations pluri-causales non seulement en lui-même mais aussi dans son rapport avec l'univers.

IV. Le primat du génétique.

Autant la cybernétique met en avant la notion de système, autant le primat du génétique va promouvoir la notion de structure. C'est par elle en effet que nous sommes introduits à comprendre la pensée déterministe de Monod, en matière de génétique. Nous avons déjà évoqué le déterminisme de Monod lorsque nous avons traité de la nécessité et des opérations biologiques nécessaires. Nous allons ici mettre l'accent sur la position de Monod ; puis au cours de la discussion qui suivra, nous ferons valoir toutes les remises en cause dont ce point de vue, somme toute, assez rigide, a été l'objet.

L'aspect "génétique" et "génotypique" serait la cause déterminante de l'ensemble des phénomènes qui contribuent à l'effectuation du vivant.

Nous insisterons tout d'abord sur la clôture génétique sur laquelle Monod insiste, au sein de laquelle naît et se développe tout vivant.

En effet, la biologie moléculaire, dont Monod se fait le porte-parole, s'est souvent développée contre la biochimie, en démontrant que ce sont les gènes, et non les protéines et les enzymes, qui sont au cœur des phénomènes d'auto-réplication du vivant.

La synthèse de deux protéines devient explicable en effet uniquement au point de vue génétique, comme le démontre l'expérience sur le métabolisme du lactose mettant en jeu outre la première enzyme la β -galactosidase, également la seconde le lactose perméase. Ainsi, le problème du contrôle génétique est résolu avec deux catégories de gènes. Rétro-récession et répression sont mises en lumière. Deux catégories de gènes sont identifiées : les gènes informateurs qui codent pour des enzymes de structures déterminées et les gènes régulateurs qui contrôlent la synthèse des répresseurs. C'est dès la *Cybernétique enzymatique*, en 1959, que l'on assiste à la mise en place de ce déterminisme génétique avec la mise en œuvre de la distribution entre gènes de structure et gènes de régulation. Monod espérait, dans la *Cybernétique enzymatique*, que d'ici 10 à 15 ans, on parviendrait à mettre en lumière les mécanismes de l'interaction entre inducteurs et répresseurs¹¹¹² ; en fait, les énigmes furent résolues dans leur grande ligne seulement deux ans après. Et Monod affirmera alors, en

¹¹¹² J. Monod, *Cybernétique enzymatique*, p. 18.

accord avec Jacob, que la solution des problèmes se trouve dans la génétique. « La génétique, travaillant sur des clones ou des invariants, est la seule méthode permettant de trouver ces mécanismes. »¹¹¹³ Quand le gène a pris toute son importance, Monod a oublié tous les chemins antérieurs.

Ce primat du génétique accordé par Monod se trouve tout à fait confirmé dans *HN* au chapitre 6 « Invariance et perturbations » lorsque Monod convient « qu'au total, chez l'organisme normal, cette mécanique microscopique de précision confère au processus une remarquable fidélité. »¹¹¹⁴ Il précise en effet au sujet du fonctionnement de cette mécanique : « Aucun apport supplémentaire d'information (autre que génétique) n'est nécessaire, ni même semble-t-il possible, le mécanisme tel qu'on le connaît n'y laissant aucune place. Et dans la mesure où toutes les structures et performances des organismes sont la résultante des structures et activités des protéines qui le composent, on doit considérer que l'organisme entier constitue l'expression épigénétique du message génétique lui-même. »¹¹¹⁵ Monod définit en deux passages du chapitre 5 de *HN* ce qu'il entend par épigénétique. Parlant du processus de ré-association de sous-unités appartenant à une même espèce protéinique », (...) « processus de reconnaissance d'une extrême spécificité », il écrit : « Processus qu'il est légitime de considérer comme *épigénétique*, puisqu'à partir d'une solution de molécules monomériques, dépourvues de toute symétrie, des molécules plus grosses et d'un degré d'ordre supérieur sont apparues qui ont, du même coup, acquis des propriétés fonctionnelles, auparavant totalement absentes. »¹¹¹⁶ Cette constitution spontanée d'ordre est très proche de ce que nous avons appelé plus haut un phénomène « émergent », et dans cas, semble-t-il, « épigénétique » revêt un sens quasi synonyme d'« émergent ». Mais il ne s'agit pas ici d'une émergence, créatrice de nouveauté, comme dans le cas de l'émergence évolutive. Il s'agit d'un type proche de l'émergence embryonnaire, qu'il étend, comme la résultante attendue, à l'embryologie. Comme le confirme encore la seconde occurrence de ce terme « épigénétique » dans *HN* : celle-ci apparaît toujours dans ce même chapitre 5 dans le cadre d'une définition précise qu'en donne alors Monod : « L'essence de ces processus épigénétiques consiste donc en ceci que l'organisation d'ensemble d'un édifice multi-moléculaire complexe était contenue en puissance dans la structure de ses constituants, mais ne se révèle, ne devient *actuelle* que par leur assemblage. »¹¹¹⁷ Encore une façon pour Monod d'affirmer ici le primat du génétique : le processus épigénétique est une notion, pour Monod, désignant la réalisation d'un édifice

¹¹¹³ J. Gayon, (2012) *Une nouvelle connaissance du vivant*, les rencontres de Normale Sup', p. 37

¹¹¹⁴ J. Monod, (1970) p. 144.

¹¹¹⁵ J. Monod, (1970) p. 144.

¹¹¹⁶ J. Monod, (1970) p. 113-114.

¹¹¹⁷ J. Monod, (1970), p. 117.

multimoléculaire complexe, comme le ribosome ou le bactériophage, notion s'appliquant également à l'organisme tout entier, mais dont la nature est entièrement sous le contrôle du génétique. C'est toujours en ce sens qu'il précise que la réalisation de cette structure qui se fait de façon autonome et spontanée, se déroule « sans intervention extérieure, sans injection d'information nouvelle. »¹¹¹⁸ Ce processus épigénétique est donc bien une révélation, au sens où « l'information était présente mais inexprimée dans les constituants »¹¹¹⁹ et non une création. Cette considération est confirmée par l'affirmation de Monod, clôturant le chapitre 6 de *HN* : « Selon la théorie moderne, la notion de révélation s'applique au développement épigénétique. »¹¹²⁰ L'épigénétique est bien à comprendre donc comme étant, aux yeux de Monod, l'expression intégrale du génétique.

C'est pourquoi Monod insiste sur le déterminisme complet qui s'instaure entre la structure et la fonction. Le texte de *HN* abonde en références s'employant à confirmer ce phénomène. Signalons-en quelques occurrences, parmi les plus marquantes : « C'est de la structure, de la forme d'une protéine donnée que dépend la discrimination stéréospécifique particulière qui constitue sa fonction. »¹¹²¹ Ou encore : « C'est dans la structure de ces molécules qu'il faut voir la source ultime de l'autonomie ou plus exactement de l'auto-détermination qui caractérisent les êtres vivants dans leurs performances. »¹¹²² De même que : « Nous cherchons dans les structures primaires des protéines le secret de ces propriétés qui en font les constructeurs des systèmes vivants »¹¹²³ Et un peu plus loin : « Structures complexes, auxquelles sont attachées des propriétés fonctionnelles sont construites par l'assemblage stéréospécifique, *spontané* de leurs constituants protéiniques. »¹¹²⁴

Monod indique que, dans le cas des ribosomes et du bactériophage T 4, il y a apparition d'ordre, différenciation structurale, acquisition de fonction à partir d'un mélange désordonné de molécules individuellement dépourvues de toute activité, de toute propriété fonctionnelle intrinsèque autre que de reconnaître les partenaires avec lesquelles elles vont constituer la structure. C'est pourquoi, il en vient à affirmer qu'« en dernière analyse, les interactions chimiques mises en jeu sont de même nature que celles qui construisent un cristal moléculaire. Comme dans un cristal, c'est la structure même des molécules assemblées qui constitue la source d'information pour la construction de l'ensemble. »¹¹²⁵

¹¹¹⁸ J. Monod, (1970), p. 117.

¹¹¹⁹ J. Monod, (1970), p. 117.

¹¹²⁰ J. Monod, (1970), p. 151.

¹¹²¹ J. Monod, (1970), p. 69.

¹¹²² J. Monod, (1970), p. 104.

¹¹²³ J. Monod, (1970), p. 111.

¹¹²⁴ J. Monod, (1970), p. 116.

¹¹²⁵ J. Monod, (1970), p. 116.

L'essence de ces processus épigénétiques, au sens du processus de développement structurel et fonctionnel, comme l'indique la note de bas de page ¹¹²⁶, consiste en ceci que l'organisation d'ensemble d'un édifice multimoléculaire complexe est contenue en puissance dans la structure de ses constituants, mais ne se révèle, ne devient actuelle que par leur assemblage.

De plus, Monod ajoute à la suite, dans le chapitre 6 que le mécanisme de la traduction est strictement irréversible et s'opère uniquement dans le sens de l'ADN vers l'ARN et donc vers la protéine et non en sens inverse. Monod entend répondre en note de bas de page à une objection de Piaget sur ce point. Il soutient « qu'il n'est ni observé, ni d'ailleurs concevable que de "l'information" soit jamais transférée dans le sens inverse, c'est-à-dire des protéines à l'ADN. Cette notion repose sur un ensemble d'observations si complètes et si sûres, aujourd'hui, et ses conséquences, en théorie de l'évolution, sont si importantes, qu'on doit la considérer comme l'un des principes fondamentaux de la biologie moderne. Il s'ensuit en effet qu'il n'y a pas de mécanisme *possible* par quoi la structure et les performances d'une protéine pourraient être modifiées et ces modifications transmises, fût-ce partiellement à la descendance, si ce n'est comme conséquence d'une altération des instructions représentées par un segment de séquence d'ADN. Tandis qu'inversement il n'existe aucun mécanisme concevable par quoi une instruction ou information quelconque pourrait être transférée à l'ADN. »¹¹²⁷

Monod revient sur ce primat du génétique dans la préface de l'ouvrage de Mayr, *Populations, espèces et évolution* : « Il est évident, mais il importe de le souligner, que par leur origine, historique autant que logique, la théorie synthétique de l'évolution et la théorie générale du code ont puisé à la même source : la génétique classique ; il est clair cependant que dans leur développement elles ne doivent rien l'une à l'autre ; il n'en reste que plus remarquable de constater la convergence de ces deux disciplines, qui nous apparaissent aujourd'hui comme étroitement complémentaires. En vérité on peut dire que la plupart des résultats essentiels de la biologie moléculaire, dès avant qu'ils fussent établis, étaient contenus en puissance dans la théorie moderne de l'évolution. »¹¹²⁸ Et il poursuit : « La théorie supposait implicitement que l'immense diversité des êtres vivants dût recouvrir une profonde unité structurale et fonctionnelle, au niveau le plus fondamental ; l'universalité du code génétique en a apporté l'illustration la plus éclatante. »¹¹²⁹ Ce qui lui permet d'affirmer cette nouvelle hypothèse concernant le génome tout entier : « La théorie mettait toute l'hérédité, toute la morphogenèse

¹¹²⁶ J. Monod, (1970), p. 114.

¹¹²⁷ J. Monod, (1970), p. 144.

¹¹²⁸ E. Mayr, (1974), p. XX.

¹¹²⁹ E. Mayr, (1974), p. XX.

et donc toute l'évolution sous le contrôle du génome. Hypothèse audacieuse, que l'on pouvait encore mettre en doute il y a moins de vingt ans. Seul le développement complet de la théorie générale du code, y compris non seulement les mécanismes de la traduction, mais ceux de la régulation génétique, devait permettre d'en apporter la preuve. La théorie du code, telle qu'elle est comprise aujourd'hui, fait du génome non pas une collection d'unités génétiques fonctionnellement indépendantes, mais un système intégré de la cellule et partant de l'organisme. Cette conception est celle qu'exige la théorie synthétique, et que défend ici avec force Ernst Mayr. »¹¹³⁰

Ce primat du génétique semble aller de pair, répétons-le, avec une négation de l'apport du monde extérieur ou du milieu. Comme le confirme, s'il en est encore besoin, ce passage où Monod conclut que « le système tout entier, par conséquent, est totalement, intensément conservateur, fermé sur lui-même, et absolument incapable de recevoir quelque enseignement que ce soit du monde extérieur. »¹¹³¹ Et pour évacuer tout type d'explication dialectique possible entre organisme et milieu, il ajoute : « Comme on le voit, ce système, par ses propriétés, par son fonctionnement d'horlogerie microscopique qui établit entre ADN et protéine, comme aussi entre organisme et milieu, des relations à sens unique, défie toute description « dialectique ». Il est foncièrement cartésien et non hégélien : la cellule est bien une *machine*. »¹¹³²

La notion de gratuité est elle-même soumise à l'action « librement dictée d'un gène ».

Certaines enzymes apparaissent d'autant plus gratuites qu'elles s'avèrent être quelquefois, à première vue, totalement inutiles. Dans son étude « La contingence et la contrainte » à partir *Des notes de bas de pages* ou *Autocritique* de Monod, Lionel Simonneau fait mention d'un composé, en l'occurrence le méthyl β -D thiogalactoside, qui est un inducteur fort d'une enzyme inutile. Il en conclut que c'est une relation gratuite, chimiquement arbitraire, sans projet. »¹¹³³ Henri Buc, dans l'article suivant commente encore cette gratuité : « Nous savons aujourd'hui que les protéines qui remplissent ces fonctions (d'inducteur et de substrat) n'interagissent pas entre elles et qu'elles reconnaissent les β -galactocides par des structures tridimensionnelles différentes. La constitution de cet assortiment particulier chez *E. coli* est donc fortuite. Une féconde observation faite à la pailasse bouleverse les *a priori*

¹¹³⁰ J. Monod, Préface au livre de Mayr, p. XX.

¹¹³¹ J. Monod, (1970) p. 145

¹¹³² J. Monod, (1970) p. 145.

¹¹³³ L. Simmoneau, (2010), « Le Hasard et la nécessité quarante ans après », *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, vol.17 n°2, éd. Kimé, p. 133.

philosophiques de l'expérimentateur, mis face-à-face avec une pure contingence, un caprice de l'évolution. »¹¹³⁴

DISCUSSION

Les remarques qui vont suivre vont tout d'abord tenter de caractériser les deux formes d'épigénétisme adoptées par Monod et de caractériser celui qu'il refuse. Puis, avec différents auteurs contemporains, nous traiterons de la mise en cause actuelle de la relation directe et unidirectionnelle, entre génotype et phénotype. Nous serons sensibles, pour commencer, au fait que Monod, sans le dire expressément, ne peut se passer du milieu. De la même manière, notre propos sera de rappeler que ceux qui remettent en cause les instructions directes de l'ADN ne peuvent pas s'en passer non plus, fût-ce implicitement.

Voyons en quoi cette clôture du vivant, envisagée par Monod, est une vue qui ne résiste pas totalement à l'analyse. Et d'ailleurs, dans bien des cas, à son insu, Monod lui-même s'inspire d'un certain néo-lamarckisme. Nous en avons pour preuve plusieurs passages du texte dont le plus significatif est probablement celui que nous citons ici : « Disons que les "conditions initiales" de sélection que rencontre une mutation nouvelle comprennent à la fois, et de façon indissoluble, le milieu extérieur et l'ensemble des structures et performances de l'appareil téléonomique. »¹¹³⁵

La conception de l'épigénétique de Monod, exposée plus haut, avec les deux occurrences de *HN* où ce terme apparaît est à la fois riche d'enseignement et a donné naissance à une vision de l'épigénétique actuelle mais il convient de ne pas négliger l'apport d'une autre vision qui s'en détache.¹¹³⁶ Pour ce qui est de la vision de Monod, et de son héritage contemporain, on peut penser que Monod adhérerait aux découvertes exposées en 2017 quant à deux formes d'épigénétisme liées directement aux gènes : la première porte sur les différents tissus, sur les cellules des différents organes. On a découvert que chaque cellule n'exprime que certains gènes, alors que les autres sont rendus silencieux (par méthylation au niveau des histones ou sur le gène lui-même). La deuxième porte sur la transmission des cellules d'un organisme à l'autre. D'une génération à l'autre, quand les « marqueurs épigénétiques », émettant le phénomène de méthylation, se portent sur les gamètes femelles, il y a modifications épigénétiques dans les cellules sexuelles qui se transmettent à la génération suivante.

En revanche, Monod ne souscrirait pas à la troisième forme d'épigénétique liée au milieu ; ce qui, du reste, est étonnant vu ses nombreuses études sur la nourriture d'une bactérie. Il ne mentionne que très peu cet apport du milieu extérieur dans la croissance d'un organisme, alors

¹¹³⁴ Henri Buc (2010), « Le Hasard et la nécessité quarante ans après », *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, vol.17 n°2, éd. Kimé, p. 156.

¹¹³⁵ J. Monod, (1970), p. 163.

¹¹³⁶ J. Monod, (1970) p. 113 et p. 117.

que la mise en avant de l'organisme comme système ouvert, celle que feront plus tard Prigogine et Stengers, dans *La nouvelle alliance*, paraît fondamentale. Il n'envisage non plus aucunement la possible influence liée à la psychologie comportementale, comme facteur décisif de l'épigénétique, mis en lumière par Ameisen.¹¹³⁷

Or, on en vient, de plus en plus, à souligner l'importance des facteurs épigénétiques, tel le rôle de toutes les contraintes s'exerçant sur l'organisme, et dans bien des cas, il s'avère que l'épigénétique semble avoir un rôle sinon aussi déterminant que celui de l'ADN, du moins tout à fait significatif. L'exemple du clonage va dans ce sens : l'ovoplaste ou l'ovocyte dont on a retiré le noyau se développe grâce aux organismes du cytoplasme. Certes, il va solliciter l'ADN pour donner des cellules souches, dont la présence est indispensable. Cependant, le phénomène des contraintes cytoplasmiques qui interviennent met en avant l'importance du rôle épigénétique.

Dans ce débat sur le primat du génétique, nous assistons à une véritable remise en cause plus fondamentale encore d'une part du concept de gène, et d'autre part, de la relation causale entre génotype et phénotype avec Jean Deutsch, dans *Le gène, un concept en évolution*.¹¹³⁸ D'une part, la découverte de gènes non-codants, introduite dès Jacob et Monod, par la démonstration des gènes opérateurs et promoteurs met en lumière le fait que « l'ADN contient des séquences n'obéissant pas au code génétique. »¹¹³⁹ D'autre part, comme le fait toujours remarquer Jean Deutsch, « la dernière avancée est celle de la transmission dite " épigénétique " : un signal peut être transmis, affectant un phénotype, de cellule à cellule et de génération en génération, sans que la séquence d'ADN elle-même soit modifiée. »¹¹⁴⁰ Il signale, à cet égard, le rôle joué par des modifications de la structure de la chromatine, définie comme l'ensemble ADN et protéines dans les chromosomes. Déjà, le physicien américain Elsässer, sur les traces de Niels Bohr, Pascual Jordan et Léon Brillouin, signalait, à l'encontre de Schrödinger également, ce qu'il y a d'arbitraire à postuler un passage déterministe, au sens de la philosophie classique, des informations stockées dans les gènes au développement de l'organisme adulte. L'ADN n'est plus considéré comme un programme mais comme une « boîte à outils », une « banque de données. » Ce que suggèrent Jean-Jacques Kupiec et Giuseppe Longo, par exemple dans leur article sur « l'alphabet, la machine et l'ADN : l'incomplétude causale de la théorie de la programmation en biologie moléculaire. »

¹¹³⁷ J.C. Ameisen, « Entre gènes et environnement » p. 88 dans le n° *l'évolution, rien ne l'arrête, Pour la science* (2009).

¹¹³⁸ J. Deutsch, *Le gène, un concept en évolution*. Ed. du Seuil, 2012.

¹¹³⁹ J. Deutsch (2012) p. 121.

¹¹⁴⁰ J. Deutsch, (2012) p. 131.

Comme le résume Lionel Simonneau : « Dans *le Hasard et la Nécessité*, quant au modèle informationnel ADN-ARN-protéines, Monod n'hésite pas à affirmer : "Ce système est absolument incapable de recevoir quelque enseignement que ce soit du monde extérieur." Quarante ans plus tard, les données abondent qui montrent combien l'information s'est considérablement diversifiée mais surtout que la phase dogmatique est devenue erronée. De l'information peut venir de l'extérieur au génome, des modifications épigénétiques peuvent modifier le génotype et le phénotype. »¹¹⁴¹

Niant ce rôle du milieu, pourtant Monod l'utilise, presque à son corps défendant, et sans jamais le souligner : quand Monod s'interroge sur le rôle de l'inducteur dans l'opéron, il fait bien intervenir le milieu, quand bien même il le fait de façon indirecte - ce qui peut être considéré, certes, comme non suffisant - mais celui-ci apparaît tout de même comme absolument nécessaire. De même, lorsqu'il étudie la façon dont « l'information structurale peut être créée et distribuée chez les êtres vivants », « l'enzyme possède bien entendu, dit-il, dans la structure de son récepteur stéréospécifique, l'information correspondant à ce choix. » Soit, mais il convient aussitôt après :

« Mais l'énergie nécessaire à l'amplification de cette information ne vient pas de l'enzyme : pour orienter la réaction exclusivement selon l'un des deux chemins possibles, l'enzyme utilise le potentiel chimique constitué par la solution. Toute l'activité de synthèse des cellules, si complexe soit-elle, est, en dernière analyse, interprétable dans les mêmes termes. »¹¹⁴² La solution est bien alors condition *sine qua non*, et non cause, de l'opération enzymatique.

De plus, le schème de causalité unidirectionnelle se voit, de nos jours, remis en cause, comme le fait remarquer Paul Villoutreix.¹¹⁴³ Le rôle actuellement dévolu à l'ARN dans une transcription inverse n'a-t-il pas des répercussions sur la caractérisation de l'ARN tel qu'il est envisagé par Monod ? En effet, une expérience décisive montre que parfois l'information remonte du cytoplasme au noyau, de l'ARN à l'ADN. Certes, en note de bas de page de *HN*¹¹⁴⁴, Monod ne cache pas la découverte de Temin mais ne pense pas que celle-ci nuise à la conception de l'irréversibilité, ce que ne pense pas Miller, et bien d'autres scientifiques avec lui. Comme le rapporte Miller, « quand fut découverte une authentique enzyme transcriptase inverse, capable de copier la « transcription » de l'information génétique à l'inverse de la voie habituelle, c'est-à-dire de l'ARN en ADN, « l'intuition de Temin fut récompensée par un prix

¹¹⁴¹ L. Simonneau (2010), *Bulletin d'Histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, vol.17 n°2, éd. Kimè, p.142.

¹¹⁴² J. Monod, (1970) p. 81.

¹¹⁴³ P. Villoutreix, Conférence de 2013 au Centre Cavallès, dans le groupe de travail « Hasard-réductionnisme-holisme », de l'Institut des Systèmes Complexes, Paris Ile de France.

¹¹⁴⁴ J. Monod, (1970) p. 145.

Nobel. »¹¹⁴⁵ De plus, s'il est vrai que le code génétique n'a pas de fonction biologique tant qu'il n'est pas traduit, c'est-à-dire tant qu'il n'induit pas la synthèse de protéines, et que le code ne peut être traduit que par l'utilisation de certains produits de sa traduction, cela ne détermine-t-il pas une relation indirectement causale entre protéines et ADN, avec des étapes antérieures, au cours de l'évolution, qui ont été probablement gommées ?

À ce sujet, Jean-Jacques Kupiec parle d'un véritable « dogme central de la biologie moléculaire »¹¹⁴⁶ à propos de l'affirmation qui « stipule que le flux d'information ne peut passer que de l'ADN vers les protéines et qu'un gène détermine entièrement une protéine par l'information qu'il contient. Le sens de ce dogme va au-delà d'une simple description d'un mécanisme de fabrication des protéines. Il semble justifier au niveau moléculaire la dualité génotype/phénotype, qui se trouverait expliquée par la dualité ADN/protéines. Ce qu'il nous dit, de plus, c'est que si l'on considère les protéines comme les éléments fondamentaux du vivant (ce qui est une vision très restrictive), l'ADN contient, de par l'intentionnalité du flux d'information, toutes les informations nécessaires à la fabrication d'un individu. Elles sont codées et forment un véritable programme génétique. Si nous étions capables de déchiffrer ces informations, nous pourrions littéralement lire l'individu sur l'ADN. C'est le sens profond qu'attribuaient au dogme les premiers biologistes moléculaires. »¹¹⁴⁷ Or, on voit bien ici que l'hypothèse de « norme de réaction », envisagée par Dobzhansky,¹¹⁴⁸ selon laquelle un génotype laisse ouvert, en raison des processus environnementaux, tout un champ de phénotypes potentiels, n'a rien à voir avec ce dogme.

Ce primat du génétique est donc très controversé à l'heure actuelle, par tout un courant mettant en avant le rôle de l'épigénétique. Toute la question actuelle consiste à se demander quelle est la part du génétique, si elle demeure prépondérante, ou même déterminante, ou si elle n'est qu'une mise à disposition « d'outils » permettant le développement de l'organisme. Tout le débat actuel non tranché porte sur le problème de savoir définir ce qui est conditions et ce qui est effectivement causes, « prochaines » ou « ultimes », selon la terminologie d'Ernst Mayr.¹¹⁴⁹ Comme nous l'écrivait Henri Buc, « Monod ne refuse pas le rôle du milieu, il refuse de l'expliquer sans une médiation organisée au plan moléculaire. »¹¹⁵⁰ En effet, les contraintes environnementales de l'organisme de tous ordres pourraient être envisagées davantage comme des conditions, l'ADN et le déterminisme des instructions restant encore, sinon seule cause

¹¹⁴⁵ K.R. Miller, (2009), p. 166.

¹¹⁴⁶ J-J. Kupiec et P. Sonigo, *Ni Dieu ni gène*, (2000) Seuil p. 67.

¹¹⁴⁷ J-J. Kupiec et P. Sonigo, *Ni Dieu ni gène*, (2000) Seuil p. 67.

¹¹⁴⁸ T. Dobzhansky, *Genetics of evolutionary Process* p. 33-36.

¹¹⁴⁹ E. Mayr, « Cause and effect in biology, » article dans *Science*, 1961.

¹¹⁵⁰ H. Buc, communication personnelle, par mail.

déterminante, du moins cause nécessaire, au sens où cet ADN ne peut pas ne pas exister, pour que soit généré le vivant. Cette vue suivant la position de Monod, est considérée comme « essentialiste » par Kupiec¹¹⁵¹, mais nous avons vu que, bien que la critiquant, lui-même ne peut s'en détacher véritablement car, d'une certaine manière, implicitement, il continue de considérer que l'ADN code bien les protéines qui en dépendent. C'est donc cette tension entre l'influence du milieu et le déterminisme des instructions dans l'ADN qui apparaît être un facteur déterminant, qui se conjugue à l'origine de l'évolution. Tout va dépendre sur quoi on met l'accent. Nous concluons donc, au vu de toutes les incertitudes actuelles et de toutes les questions encore en débat, sur un arbitrage provisoire qui affirme la nécessité de reconnaître le rôle indéniable du milieu et tout à la fois l'indispensable médiation organisée au plan moléculaire. Cependant il convient de ne pas oublier que la thèse de Monod selon laquelle la formation de l'ADN relève du hasard et de la sélection naturelle est une solution qui lui permet de rester conséquent avec l'ensemble de son matérialisme scientifique.

V. L'émergence : la naissance d'un concept en biologie.

Monod a tenté de penser, par ailleurs, la croissance du vivant selon l'ordre de l'épigénétique, au sens où il avance le concept d'émergence. Il introduit, en effet, à plusieurs reprises, le concept d'émergence pour tenter de qualifier à la fois le phénomène d'apparition de l'être qui se manifeste au cours de l'ontogenèse et le phénomène d'apparition d'êtres nouveaux au cours de la phylogenèse.

Comment ce concept a-t-il évolué dans la pensée de Monod ? Il s'agit bien d'un concept dont la définition est de plus en plus élaborée, jusqu'à aboutir à deux notions désignant deux faits très distincts et qui ne se recouvrent absolument pas : le fait de l'ontogenèse désigné par l'émergence embryonnaire et le fait de la phylogenèse, relevant, quant à lui, de l'émergence évolutive. Il nous a paru intéressant de suivre ce concept en gestation dans les textes antérieurs à *HN*, puis de voir comment il se précise ensuite de façon de plus en plus très définie, faisant apparaître un nouveau choix très résolu de la part de Monod ouvrant de nouveaux horizons philosophiques, laissant penser une « création » absolue au niveau de la phylogenèse et non plus une simple « révélation », comme ce qui se passe au niveau de

¹¹⁵¹ J.J. Kupiec, *Ni Dieu ni gène*, (2000), p. 59.

l'ontogenèse, au sens où, par exemple, comme le voudrait le sens photographique du terme, le positif « révélerait » simplement le négatif.

La pensée de Monod sur l'émergence s'affine au cours du temps. Nous allons voir comment cette notion en gestation dans les écrits précédents *HN*, acquiert finalement ces deux sens bien précis et différents dans *HN*, s'agissant d'une part, de l'émergence embryonnaire, d'autre part, de l'émergence évolutive.

Différentes propriétés du vivant seront mises en lumière par Monod au cours de ces différents écrits. Dans les écrits antérieurs à *HN*, la notion d'invariance est absente et c'est la notion d'émergence qui prévaut ; concept alors très large et un peu flou, l'émergence est reliée, tout à la fois, à ce qui sera nommé plus tard dans *HN* « invariance », et à « la téléonomie ». L'émergence, dans son rapport à la téléonomie, est cependant déjà pensée dans les écrits antérieurs à *HN* en termes de conservation et de multiplication de l'espèce et en termes d'évolution.

L'émergence est une qualité propre à produire l'auto-organisation d'un système vivant. Elle est aussi la propriété qu'ont les êtres vivants de se reproduire et d'évoluer. La définition très précise mais aussi très large qu'en donne Monod dans la *Leçon inaugurale* est la suivante : « L'émergence est la propriété de produire et multiplier des structures ordonnées hautement complexes et de permettre la création évolutive de structures de complexité croissante. »¹¹⁵² Définition qui sera fortement conceptualisée plus tard dans *HN*, comme nous venons de le signaler, par la distinction entre « émergence embryonnaire » et « émergence évolutive ».¹¹⁵³ Un peu plus loin, toujours dans la *LI*, Monod semble rattacher la définition de l'émergence à ce qui deviendra dans *HN* l'invariance : « On peut définir l'émergence d'une espèce donnée comme proportionnelle à la quantité d'information qui, transmise d'une génération à l'autre, assure la conservation de la norme structurale. »¹¹⁵⁴ Dans *HN*, cette émergence sera donc bien remplacée partiellement par la notion d'invariance, vue « comme pouvoir de reproduire et transmettre *ne varietur* l'information. »¹¹⁵⁵

L'émergence recouvre un concept plus large que la notion d'invariance car, si elle est en partie due à l'invariance qui conserve l'ancien, elle fait aussi surgir et préserve, aussi bien, le nouveau. Ainsi, comme l'examine bien M. Barthélémy-Madaule, « l'émergence comme pouvoir de reproduction est liée à l'invariance, et comme pouvoir de création évolutive, à la tendance téléonomique ».¹¹⁵⁶ L'émergence comporte donc ici une sorte de capacité à deux

¹¹⁵² J. Monod, (1967), *LI*, p. 5.

¹¹⁵³ J. Monod, (1970) p. 151.

¹¹⁵⁴ J. Monod, (1967), *LI*, p. 5.

¹¹⁵⁵ J. Monod, (1970) p. 28.

¹¹⁵⁶ M. Barthélémy-Madaule (1972), p. 58.

pôles. En tout cas, pour Monod, la notion d'émergence comme propriété d'autonomie, d'indépendance et de spontanéité de l'être vivant est rattachée à l'invariance, comme le confirme la 1^{ère} leçon au Collège de France.¹¹⁵⁷ L'émergence est traitée à la lumière de la biologie moléculaire dès ce cours, comme « propriété de reproduction invariante, assignée, sans aucun doute, aux acides nucléiques, plus précisément à l'ADN »,¹¹⁵⁸ tandis que la téléonomie est assignée aux protéines. Monod le répète, avec quelque réserve cependant, dans ce cours au Collège de France : « Toutes ces caractéristiques [concernant la téléonomie] peuvent être assignées principalement mais non exclusivement aux protéines. »¹¹⁵⁹ Observation qu'il confirmera dans *HN* : « Des deux classes de macromolécules biologiques essentielles, l'une, celle des protéines, est responsable de presque toutes les structures et performances téléonomiques, tandis que l'invariance génétique est attachée exclusivement à l'autre classe, celle des acides nucléiques. »¹¹⁶⁰ Monod précise qu'il donne le nom d'émergence à « cette caractéristique du mode de fabrication des êtres vivants » qui est « autonome » et « spontanée » c'est-à-dire « non due à l'action de forces extérieures. »¹¹⁶¹ Il redonne de manière plus complète cette définition un peu plus loin en rappelant que l'émergence désigne « la capacité de structuration autonome, le fait que les formes, la structure macroscopique finale est due à des interactions internes à l'objet lui-même. »¹¹⁶² À la suite, toujours dans cette même page, Monod affirme que celle-ci « n'est pas tant une propriété qu'un mécanisme en ce qui concerne cette réalité, »¹¹⁶³ ce qu'il confirme dans *HN* quand il dit que la « structuration spontanée doit être plutôt considérée comme un mécanisme. »¹¹⁶⁴ Mécanisme dont relèvent aussi finalement invariance et téléonomie, comme le reconnaît Monod, aussitôt après les avoir définis comme « propriétés » ; tous ces phénomènes dont avons dégagé la nécessité dans le chapitre que nous réservons à ce thème, dans la seconde partie de notre étude.

S'il est possible de reconnaître à la notion d'émergence un sens physique assez clair, il est en revanche beaucoup plus difficile, de proposer pour la téléonomie une définition qui ne soit pas circulaire et contaminée d'« éléments subjectifs », comme l'est la notion de « projet » elle-même. Définir l'émergence d'une espèce donnée « comme proportionnelle à la quantité d'information qui, transmise d'une génération à l'autre assure la conservation de la norme

¹¹⁵⁷ J. Monod, cours au Collège de France (1969-1970) pp. 22-23.

¹¹⁵⁸ J. Monod, cours au Collège de France (1969-1970) p. 7.

¹¹⁵⁹ J. Monod, cours au Collège de France (1969-1970) p. 7.

¹¹⁶⁰ J. Monod, (1970) p. 33.

¹¹⁶¹ J. Monod, (1970) p. 22.

¹¹⁶² J. Monod Cours, (1969-1970) p. 25.

¹¹⁶³ Cours, (1969-1970) p. 25.

¹¹⁶⁴ J. Monod, (1970) p. 33.

structurale »¹¹⁶⁵ relève d'une véritable objectivité ; cette quantité est, pour sa plus large part, mesurable.

Comme on peut le constater, cette notion d'émergence est très en retrait dans *HN* ; en revanche, sa définition paraît beaucoup mieux cadrée. Là où la *Leçon inaugurale* voit deux propriétés pour définir le vivant, l'émergence et la téléonomie, *HN* en verra trois¹¹⁶⁶ : l'invariance, la téléonomie qui sont vraiment des « propriétés » et la morphogénèse autonome ou structuration spontanée qui, elle, constitue, au dire de Monod, plutôt un mécanisme.¹¹⁶⁷ Dans *HN*, une part de l'émergence donc est remplacée partiellement par la notion d'« invariance, comme pouvoir de reproduire et transmettre *ne varietur* l'information. »¹¹⁶⁸ Le principe de **téléonomie** au cœur du vivant est celui qui régit les structures et les performances et l'adaptation fonctionnelle. La téléonomie implique l'idée d'une action orientée (selon le rôle des enzymes), cohérente (selon le rôle de la régulation et des interactions allostériques) et constructive (selon le rôle de la morphogénèse). **La morphogénèse autonome** est la seconde propriété du vivant qui désigne « les processus morphogénétiques qui construisent la structure macroscopique des êtres vivants ». ¹¹⁶⁹ Au chapitre 5 de *HN*, *Ontogénèse moléculaire*, Monod s'attache à montrer que le processus de morphogénèse spontanée et autonome repose en dernière analyse sur les propriétés de reconnaissance stéréospécifique des protéines. Cette notion sera qualifiée de « bombe conceptuelle » par Morin, évoquant Monod.¹¹⁷⁰

D'après Monod, « pour résoudre le paradoxe de la **téléonomie**, il reste à expliquer le mode de formation et les mécanismes d'évolution des structures associatives stéréospécifiques des protéines. »¹¹⁷¹ Il espère ainsi « montrer que l'analyse détaillée de ces structures moléculaires recèle le « secret » ultime de la téléonomie. »¹¹⁷²

Ces trois propriétés d'invariance, de téléonomie et de morphogénèse sont donc intimement liées. « Il est parfaitement vrai que ces trois propriétés sont étroitement associées chez tous les êtres vivants. L'invariance génétique ne s'exprime et ne se révèle qu'à travers et grâce à la morphogénèse autonome de la structure qui constitue l'appareil téléonomique. »¹¹⁷³

¹¹⁶⁵ J. Monod, (1967), *LI*, p. 5.

¹¹⁶⁶ J. Monod, (1970) bas de la p. 32 dans le chap. 1, « D'étranges objets. »

¹¹⁶⁷ J. Monod, (1970) p. 32-33.

¹¹⁶⁸ J. Monod, (1970) p. 28.

¹¹⁶⁹ J. Monod, (1970) p. 27.

¹¹⁷⁰ E. Morin, *Complexité restreinte, complexité généralisée*, Colloque « *Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique* », Cerisy-la-Salle, 2005.

¹¹⁷¹ J. Monod, (1970) p. 120.

¹¹⁷² J. Monod, (1970) p. 120.

¹¹⁷³ J. Monod, (1970) p. 32-33.

La notion d'émergence n'apparaît que deux fois dans l'œuvre de 1970 : à la fin du chapitre 6, « Invariance et perturbations », ¹¹⁷⁴ où se trouve très clairement distinguée l'émergence embryonnaire et l'émergence évolutive ; puis, elle réapparaît au ch. 8, portant sur « Les frontières », lors de l'examen se référant aux différentes étapes permettant la vie et son évolution.

Au ch. 6, Monod évoque ici l'erreur, selon lui, des animistes tant marxistes que teilhardiens qui voient dans l'évolution une « révélation », un déroulement des potentialités présentes mais non encore exprimées dans la nature, plutôt qu'une création totalement imprévisible. « D'où la tendance à voir dans le développement embryonnaire une émergence de même ordre que l'émergence évolutive » ¹¹⁷⁵. Or, Monod poursuit : « Selon la théorie moderne, la notion de « révélation » s'applique au niveau épigénétique, mais non, bien entendu, à l'émergence évolutive qui, grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, est créatrice de nouveauté *absolue* ». Quelques lignes plus haut, Monod définit ce qu'il entend par *absolue* à propos de la création : « en ce sens qu'il (il s'agit de Bergson) ne la supposait pas tendue à une autre fin que la création en elle-même et pour elle-même. » Nouveauté donc en elle-même et pour -elle-même, totalement inédite et introuvable par le passé.

Au ch. 8, cette notion d'« émergence » réapparaît, pour montrer le caractère énigmatique de certaines étapes conduisant au vivant : en particulier, « celle de la troisième étape », après la formation des macromolécules les plus aptes à se répliquer, qui est, par hypothèse, « l'émergence graduelle des systèmes téléonomiques qui, autour de la structure répliquative, devaient construire un organisme, une cellule primitive. C'est ici qu'on atteint le véritable « mur du son » ¹¹⁷⁶, car nous n'avons aucune idée de ce que pouvait être la structure d'une cellule primitive. » Un peu plus loin, Monod réemploie ce terme à propos de l'émergence de la membrane à perméabilité sélective ¹¹⁷⁷ : « Le développement du système métabolique qui a dû, à mesure que s'appauvissait la soupe primitive, "apprendre" à mobiliser le potentiel chimique et à synthétiser les constituants cellulaires pose des problèmes herculéens ; il en est de même pour l'émergence de la membrane à perméabilité sélective sans quoi il ne peut y avoir de cellule viable. » Nous voyons bien dans ces deux exemples précédemment cités, qu'émergence signifie non seulement un déploiement de potentialités, mais bien un surgissement d'une forme nouvelle.

Si donc l'émergence est ainsi mieux définie dans *HN*, et beaucoup moins utilisée que dans la *Leçon inaugurale*, elle se voit remplacée par les notions beaucoup plus techniques et

¹¹⁷⁴ J. Monod, (1970) p.151.

¹¹⁷⁵J. Monod, (1970), p. 151.

¹¹⁷⁶J. Monod, (1970), p. 181.

¹¹⁷⁷ J. Monod, (1970) p. 182.

scientifiquement testables, d'invariance et de morphogénèse autonome, en ce qui concerne l'ontogénèse, que Monod voit encore sous l'angle d'une émergence embryonnaire, totalement distincte, cette fois, de l'émergence évolutive. Monod s'inscrit dans un nouveau courant qui se fait jour au XXe siècle. D'où vient exactement l'utilisation que fait Monod de ce terme d'émergence, à quelle tradition se rattache-t-il ?

Le courant émergentiste naît vers 1920 et paraît comme un courant intermédiaire entre mécanistes et vitalistes. Il paraît préparé par Georges Henri Lewes (1817-1878), grand lecteur de Claude Bernard. Dès 1875, c'est Lewes, comme l'indique O. Sartenaer, qui introduit le concept d'émergence dans la littérature philosophique et le définit presque dans les mots de Claude Bernard. « Une propriété est dite "émergente, dit-il (en opposition à "résultante") si elle ne consiste pas en la simple addition (ou soustraction) des propriétés sous-jacentes dont elle émerge. A l'instar de Bernard, Lewes emploie l'idée véhiculée par le concept d'émergence pour défendre la thèse selon laquelle il existe des propriétés vitales irréductibles (chez Lewes, la sensibilité) qui sont ancrées dans des conditions physico-chimiques sans pour autant s'y réduire. »¹¹⁷⁸ L'émergentisme anglais, avec des auteurs comme Broad et Morgan, présente « une vision évolutionniste de degrés de réalité émergeant les uns des autres »¹¹⁷⁹ « L'idée de base, précise ce dernier, comme dans tout émergentisme, était que les niveaux de réalité ne sont pas absolument ontologiquement distincts, mais qu'il existe tout de même une apparition de vraie nouveauté. »¹¹⁸⁰ Puis, avec l'empirisme logique et divers réductionnismes, ce courant connut un retrait, pour réapparaître en force depuis les années 1970. « Certains systèmes naturels conçus comme collections d'entités en interrelation manifestent des propriétés qui transcendent la simple agrégation de leurs constituants sous-jacents. »¹¹⁸¹ Les critères d'une entité émergente retenus sont l'irréductibilité, l'imprédictibilité, la nouveauté, et de façon plus discutable, « la survenance, le holisme et la causalité descendante. »¹¹⁸² Ce dernier concept fut imaginé par Campbell en 1974, et défini par Alaya et Dobzhansky. Ces trois derniers critères ont été utilisés notamment par Sperry que cite Monod dans *HN*¹¹⁸³ qui envisage le problème de l'émergence de l'esprit par rapport au corps, selon une position intermédiaire entre le dualisme total esprit/matière et la réductibilité totale de l'esprit à la matière. Ce dernier affirme en effet que « les phénomènes conscients de l'expérience subjective interagissent avec les

¹¹⁷⁸ Olivier Sartenaer, (2013) « La vie dans la matière ; repenser la controverse entre vitalisme et matérialisme. » p. 50, en ligne.

¹¹⁷⁹ P. Huneman, « Vie, vitalisme et émergence : une perspective contemporaine. » dans *Repenser le vitalisme*, (2011), p. 202.

¹¹⁸⁰ Ibid. p. 203.

¹¹⁸¹ O. Sartenaer, (2010) « Définir L'émergence, » *Revue des questions scientifiques*, (2010) pp. 371- 372.

¹¹⁸² O. Sartenaer, (2010) « Définir L'émergence, » *Revue des questions scientifiques*, (2010) p. 371.

¹¹⁸³ J. Monod (1970) p. 186 et p. 196.

processus cérébraux en exerçant une influence causale active. »¹¹⁸⁴ Cette position est en un sens encore défendue par Edelman, dans *La biologie de la conscience*. Sperry, découvrant le rôle distinct des deux hémisphères cérébraux, soutient une forme d' « interactionnisme moniste entre esprit et corps, situé à mi-chemin entre monisme réductionniste et interactionnisme dualiste (donc non moniste). »¹¹⁸⁵

Le concept d'émergence utilisé par Monod s'inscrit bien dans un contexte où ce terme signifie à la fois dépendance et autonomie, comme cela est caractérisé par Marc Bedau et Paul Humphreys : dépendance par rapport à la base d'émergence et autonomie car le tout y apparaît sous une forme nouvelle et peut même interagir sur les parties antérieures qui ont servi à le faire émerger.¹¹⁸⁶ Pour Monod, seule la forme nouvelle surgit, à proprement parler, au niveau de l'émergence évolutive. Au niveau embryonnaire, elle n'est que le dévoilement du plan constitutif inscrit dans l'ADN. Cette forme est nouvelle, comme le caractérise Crane, car elle vérifie cette proposition : « une propriété d'un système complexe est nouvelle si et seulement si aucun constituant Ci de S ne manifeste une propriété Pi déterminant de P. »¹¹⁸⁷ L'émergence montre que le phénomène n'est pas le résultat de la seule addition des parties ; une propriété est alors dite émergente si « P est survenante, systémique, et si P s'identifie à une disposition à agir causalement sur la microstructure qui la porte. »¹¹⁸⁸ Ainsi, ces propriétés émergentes peuvent exercer une influence sur l'organisation dont elles émergent, depuis le « tout » au système vers les parties, selon un effet rétroactif, qui ne peut être envisagé que d'un point de vue diachronique.

La pensée de l'émergence évolutive de Monod, coïncide, d'une certaine manière, avec ce qu'Eddington, le premier, a nommé, la « flèche du temps. », pour « désigner cette propriété caractéristique du temps d'avoir un sens. »¹¹⁸⁹ En effet, Monod dit bien que « l'évolution dans la biosphère est un processus nécessairement irréversible, qui définit une direction dans le temps. »¹¹⁹⁰ Monod abonde dans le sens d'Eddington qui affirmait déjà qu'« à son avis, la loi d'après laquelle l'entropie croît constamment- c'est la deuxième loi de la thermodynamique- occupe la position suprême parmi les lois de la nature. »¹¹⁹¹ L'entropie peut se définir comme un accroissement du hasard, selon la définition d'Eddington, ou de façon plus restreinte, comme la transformation de l'énergie cinétique productive en chaleur improductive.

¹¹⁸⁴ R.W. Sperry, (1969). p. 533.

¹¹⁸⁵ O. Sartenaer, *qu'est-ce que l'émergence, projet d'ouvrage pour la collection « Chemins philosophiques »*, Vrin, p. 4.

¹¹⁸⁶ M. Bedau et P. Humphreys, (2008) *Emergence. Contemporary readings in philosophy and science*.

¹¹⁸⁷ T. Crane, (2001) *The significance of emergence* cité par O. Sartenaer, *Définir l'émergence*, p. 391.

¹¹⁸⁸ O. Sartenaer, (2010) p. 374.

¹¹⁸⁹ A. S. Eddington, (1929), p. 83.

¹¹⁹⁰ J. Monod (1970), p.160.

¹¹⁹¹ Eddington (1929), p.89.

Cette conception du temps, comme favorisant le surgissement de formes nouvelles, permet d'évoquer ici une vue de Monod très proche ici de celle de Bergson, pour qui « le temps est invention, ou il n'est rien du tout. »¹¹⁹² Bergson, comme Monod, souscrit à cette conception qui consiste à voir en l'évolution « une imprévisible création de formes. »¹¹⁹³ Cependant, aux yeux de Bergson, Monod serait sans doute trop mécaniste en adoptant tout à fait la supposition du schéma strictement darwinien : « Supposons que le mécanisme soit la vérité : l'évolution se sera faite par une série d'accidents s'ajoutant les uns aux autres, chaque accident nouveau se conservant par sélection s'il est avantageux à cette somme d'accidents avantageux antérieurs que représente la forme actuelle de l'être vivant. »¹¹⁹⁴ Bergson va refuser cette supposition au nom de quelque impulsion reçue à la source, qui rend mieux compte, selon lui, du fait que deux voies évolutives différentes donnent des résultats similaires.

Discussion sur l'émergence.

L'émergence peut donner lieu à deux types de discours métaphysique, selon qu'elle est totalement expliquée et justifiée ontologiquement dans son surgissement par le réductionnisme méthodologique ou selon que l'on considère que cette méthode ne justifie pas, à l'égard de cette notion, un réductionnisme ontologique. Nous allons préciser la nature de ces deux discours : le discours matérialiste qui fait de ce phénomène un phénomène réductible, et le discours théiste qui peut voir, à travers cette réalité, la possible intervention du créateur. Nous soulignerons, à l'issue de ces mises au point, que la question de la création échappe à la question de l'émergence, quels que soient ce que les résultats scientifiques peuvent accorder à cette réalité de l'émergence, même si une façon de traiter celle-ci peut révéler quelque chose sur l'acte créateur en tant que tel.

Le concept d'émergence est utilisé par le courant naturaliste et matérialiste pour montrer que le supérieur peut surgir de l'inférieur, et que par conséquent, on n'a pas besoin d'une instance supérieure pour expliquer l'inférieur. Comme le rappelle André Comte-Sponville, à la suite d'Auguste Comte, « le matérialisme est la doctrine qui explique le supérieur par l'inférieur. » Cela n'interdit pas la prise en compte d'ordres différents, dans leur spécificité ou leur autonomie relative. « On peut rire, remarquait Lucrèce, sans être formé d'atomes rieurs. »¹¹⁹⁵

¹¹⁹² Bergson, (1981), p. 341.

¹¹⁹³ Bergson, (1981), p. 45.

¹¹⁹⁴ Bergson, (1981), p. 54.

¹¹⁹⁵ Lucrèce, (1941) *De rerum natura*, II, 985-990, p. 89.

Dans ce cas, la méthode réductionniste de la biologie devient de la clé de l'ontologie. Actuellement, de nombreuses tentatives d'analyse de réduction de phénomènes émergents vont dans ce sens. Par exemple, la propriété liquide de l'eau est considérée comme émergente au sens de Morgan et Alexander car, dans les mêmes conditions de pression et de température ses constituants considérés isolément sont gazeux. Elle n'en est pas moins prédictible sur la base d'une connaissance des propriétés physico-chimiques de l'hydrogène et de l'oxygène, comme l'explique Olivier Sartenaer. « En effet, trouve-t-on en note explicative, l'oxygène étant un élément doté d'une importante électronégativité, les deux liaisons covalentes H-O dans la molécule d'eau se polarisent à un point tel que la molécule possède un moment dipolaire important. Il en résulte l'apparition de ponts hydrogènes augmentant grandement la cohésion interne de l'eau. En conséquence, l'énergie de vaporisation de l'eau est largement supérieure à celle du dihydrogène et du dioxygène pris isolément, d'où la phase liquide dans les mêmes conditions standard de pression et de température. »¹¹⁹⁶ Comme le précise encore O. Sartenaer, « à l'époque de Morgan et d'Alexander, les inconnues subsistant quant à la nature des liaisons chimiques rendaient impensables de tels raisonnements. La nature même de la liaison hydrogène ne fut rendue publique qu'en 1928 par Pauling, et il fallut encore attendre une décennie pour que la théorie soit largement acceptée. » Sur un plan strictement scientifique, il convient de rappeler que si ce type d'explication réductionniste peut avoir cours de façon légitime concernant le vivant, on peut cependant souligner que pour que cet inférieur puisse faire naître le supérieur, il ne faut pas omettre le fait qu'autour de lui de grandes lois qui échappent à l'inférieur lui-même le régissent et lui permettent d'exister : les lois de l'univers, les quinze constantes cosmologiques souvent émises, sans lesquelles aucun carbone n'aurait pu voir le jour, pour initier les premières molécules capables de faire naître les systèmes vivants. La thèse matérialiste de l'émergence considère que tout est explicable par l'inférieur. On pourrait confronter ce point de vue à celui de saint Augustin qui n'imagine pas impossible une émergence, semble-t-il, puisqu'il émet l'hypothèse empruntée aux stoïciens de *logoi spermatikoi* possibles dans la nature : « Certainement tout ce que nous voyons a été originellement et fondamentalement dans une sorte de trame des éléments, mais encore faut-il l'occasion favorable pour que ces êtres surgissent. »¹¹⁹⁷ Sur ce point, Monod ne semble pas opter nécessairement pour cette thèse puisque pour lui, il y a, dans l'émergence évolutive, créatrice de nouveauté *absolue*,¹¹⁹⁸ quelque chose de tout à fait inédit qui survient, irréductible aux processus antérieurs.

¹¹⁹⁶ O. Sartenaer, (2010) « Définir l'émergence. » *Revue des questions scientifiques*, p. 378.

¹¹⁹⁷ Saint Augustin, *de Trinitate*, III, 8 n°13 ; IX, 9, n°16 et *De genesi ad litteram* V, 23, n°45 et VI, 13, n°25.

¹¹⁹⁸ J. Monod, (1970), p. 151.

De son côté, C. Tresmontant se demande si : « avec la vie, » on a à faire à « une émergence ou une nouvelle création ? »¹¹⁹⁹ L' « émergence », selon ce que fait valoir C. Tresmontant, apparaît faire droit à une position matérialiste. Qui dit "émerge" dit "existe en partie cachée ou en germe" et tout à coup se manifeste : idée que la matière s'auto-organise depuis les premiers atomes et que la vie était contenue en elle potentiellement.

Dans une autre perspective, concernant cette fois la thématization d'une conscience émergente, Monod se réfère à Sperry pour qui « la causalité descendante réflexive » du tout sur la partie garantit l'irréductibilité des phénomènes conscients aux mécanismes neurobiologiques. Comme le définit Sperry, dans une formule traduite par Olivier Sartenaer, « les phénomènes conscients de l'expérience subjective interagissent avec les processus cérébraux en exerçant une influence causale active. »¹²⁰⁰ Monod ne mentionne simplement que quelques expériences de Sperry,¹²⁰¹ mais l'intérêt qu'il lui manifeste suffit à ce que nous le citions ici.

Le concept d'émergence se construit aussi bien selon que la réalité émergente provient du hasard ou d'un créateur. Dans le courant matérialiste, le hasard produit tout. Dans une perspective spiritualiste, l'organisme est certes contingent, mais, -ou de ce fait-, est aussi bien pensé comme le fruit d'une intelligence à l'œuvre, non décelable scientifiquement, certes, il faut en convenir, mais raisonnablement présente. La contingence de l'être créé ne repose pas sur le fait qu'il provient du hasard mais sur le fait qu'il dépend dans son être d'une cause dont il n'est pas lui-même l'origine. S'il y a bien une part de hasard, c'est que la matière contient une part d'indétermination mais l'Être Créateur intervient sans cesse pour soutenir, dans le temps qu'il crée aussi sans cesse, la genèse des formes vivantes qui, selon la part d'autonomie qui leur est accordée, se déploient dans le temps, en acquérant de plus en plus de liberté.

Ainsi, nous pouvons tenir, au sujet de ces différents aspects des implications philosophiques selon Monod de ses propres découvertes, à la constatation du métaphysicien, en l'occurrence ici, A. D. Sertillanges, qui prend en compte que « l'idée d'évolution répond à la question des rapports temporels des êtres à l'égard les uns des autres. » « Dans quels liens temporels sont-ils ? Comment se succèdent-ils ? Sont-ils causes, effets, conditions de telle ou telle espèce ? »¹²⁰² C'est à la réponse à toutes ces questions que se consacre toute la recherche scientifique de Monod ainsi que la visée de toute l'interprétation philosophique qu'il fait de ses résultats, qu'il s'agisse d'invariance, de téléonomie, de cybernétique, de primat du

¹¹⁹⁹ C. Tresmontant (1966), pp. 266 -267.

¹²⁰⁰ O. Sartenaer, (2010) « Définir l'émergence. » *Revue des questions scientifiques*, p. 395.

¹²⁰¹ J. Monod, (1970), p. 186 et 196.

¹²⁰² A-D. Sertillanges, (1920), *L'idée de création*, Annales de l'institut supérieur de philosophie, Tome IV, 1920, Louvain, p. 567.

génétique ou encore d'émergence. Ainsi se trouve effectuée la mise en évidence de la primauté des relations causales qui peuvent avoir des effets, fussent-ils rétroactivement causaux, sur le plan des recherches des causes chimiques et biologiques. Nous voyons que c'est l'idée d'inventivité absolue et de créativité de l'évolution qui est celle qui est scientifiquement retenue, à travers l'emploi de l'expression « création absolue » au sens où c'est le hasard qui est « créateur », « le hasard pur, le seul hasard, liberté absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution »¹²⁰³ ; ce qui peut, en définitive, rejoindre une position strictement matérialiste.

Or, comme chacun des points abordés en cette deuxième partie nous a permis de le souligner, dans des contextes différents, « l'idée de création répond à toute autre chose » selon le métaphysicien. « Il s'agit, comme le dit Sertillanges dans la suite de cet extrait, d'un rapport transcendant entre l'être envisagé comme tel et sa cause première, cela, quoi qu'il en soit de ses relations, du temps de ses causes ou de ses conditions dans le temps. »¹²⁰⁴

Ainsi, si Monod conçoit l'émergence dans une perspective purement réductionniste, il n'existe pas de « vraie » émergence. Pourtant, il semble que Monod hésite à le faire. Il inclinerait à opter, sans doute plutôt pour la définition que donne Popper de l'émergence, au sens où Popper parle de l'univers émergent, dans *l'Univers irrésolu*, à la croisée de la causalité, de la probabilité et de l'indéterminisme. Car, c'est bien à la croisée de ces trois paramètres que Popper situe l'émergence lorsqu'il écrit : « notre univers est partiellement causal, partiellement probabiliste et partiellement ouvert : il est émergent. »¹²⁰⁵

Nous voyons donc que la notion d'émergence évolutive défie, en quelque sorte, la méthodologie réductionniste de la biologie moléculaire. Aussi, est-il possible de penser, en dépit des résultats probants du réductionnisme, faisant état de l'analyse de tel ou tel composé, telle que la molécule d'eau, dont nous avons transmis le caractère novateur dont elle a fait l'objet au XXe siècle, que le réductionnisme en tant que méthode ne justifie pas *ipso facto* un réductionnisme ontologique, y compris dans la pensée de Monod, selon le sens donné à la notion de création. C'est, en tout cas, la raison pour laquelle nous avons choisi de ne pas traiter cette notion dans la première partie de notre recherche, dont le second temps traitait de la méthodologie réductionniste de la biologie moléculaire.

¹²⁰³ Monod, (1970), p.148.

¹²⁰⁴ A-D. Sertillanges, *L'idée de création*, Annales de l'institut supérieur de philosophie, Tome IV, 1920, Louvain, p. 567.

¹²⁰⁵ K. Popper, (1984), p. 106.

Troisième partie : les implications métaphysique et éthique, d'une telle conception.

Le troisième moment de notre recherche va tenter de penser les articulations possibles entre matérialisme scientifique et option métaphysique, pour montrer ce qui peut donner lieu à une remise en cause d'un matérialisme métaphysique, en débat avec certaines affirmations matérialistes de Monod, tout en prenant acte de la fécondité du matérialisme scientifique. Ceci constituera le premier temps de notre réflexion. Puis, nous verrons comment Monod envisage l'éthique, en voyant en quels termes est instaurée par Monod une "éthique de la connaissance." Nous tâcherons d'en mesurer, à la fois, l'intérêt et la grandeur mais aussi les limites, dans un débat qui aura lieu à l'issue de ces présentations.

I. Ce que cette position n'est pas : ni un vitalisme ni un animisme au sens large.

« Le problème de la relation causale, ou temporelle, entre émergence et téléonomie est au fond de toutes les spéculations, de toutes les théories qui ont été proposées comme solution aux paradoxes. Aussi peut-on classer ces théories en deux groupes, selon qu'elles admettent que la téléonomie assure et dirige l'émergence ou au contraire que l'émergence précède la téléonomie. »¹²⁰⁶ Cette dernière hypothèse est la thèse de Monod et rejoint donc le deuxième groupe des théories citées, comme nous avons pu le voir en seconde partie. Le premier groupe de théories plaçant la téléonomie comme précédant l'émergence, devenue l'invariance dans *HN*, recouvre, d'une part, les théories vitalistes, d'autre part, les théories animistes. En effet, le chapitre 2 « Vitalismes et animismes » de *HN* ne parlera plus d'émergence, vu le caractère équivoque de ce terme mais d'invariance. Nous savons que Monod va stigmatiser toutes les formes de pensée qui placent la téléonomie avant l'invariance, au fondement de cette dernière, alors qu'il pense l'invariance comme première et la téléonomie comme dérivant de l'invariance, « hypothèse considérée comme seule acceptable aux yeux de la science moderne. »¹²⁰⁷

Si la position de Monod est tranchée en faveur de la thèse d'un matérialisme scientifique, il n'en reste pas moins que les apports de ces types de pensée comportent, de son propre aveu,

¹²⁰⁶ J. Monod, (1967) *Leçon inaugurale*, p. 5.

¹²⁰⁷ J. Monod, (1970) p. 41.

certaines intuitions qui revêtent certains aspects positifs et dont certaines sont même à l'origine de son matérialisme scientifique.

Monod distingue plus précisément, au sein de ce premier groupe, les théories vitalistes qui impliquent une distinction radicale entre êtres vivants et univers inanimé, admettant un principe téléonomique uniquement au sein de « la matière vivante », et les théories « animistes » d'étendue plus large puisqu'elles supposent un principe téléonomique universel, s'étendant non seulement à la biosphère mais à l'évolution cosmique toute entière. Parmi les théories vitalistes qu'il critique dans leur ensemble, Monod distingue le vitalisme métaphysique du vitalisme scientifique. Puis, il dénonce divers systèmes animistes qui regroupent, à ses yeux, de façon assez surprenante pour le lecteur d'abord, des pensées qui semblent aux antipodes, puisqu'il se réfère tant à des conceptions idéalistes, comme le système de Leibniz ou de Hegel que matérialistes, comme le matérialisme dialectique, et le progressisme scientifique, ou encore spiritualistes : comme celui de Teilhard de Chardin *via* le positivisme de Spencer.

Tous ces grands systèmes animistes ou vitalistes ont pour point commun de supposer que « l'invariance est protégée, l'ontogénie guidée, l'évolution orientée par un principe téléonomique initial, dont tous ces phénomènes seraient des manifestations. »¹²⁰⁸ Tous « font d'un principe téléonomique initial le moteur de l'évolution, soit de la biosphère seule, soit de l'univers entier. »¹²⁰⁹ Tous donc, d'une certaine manière, commencent « par l'abandon du postulat d'objectivité. »¹²¹⁰ En effet, une vue finaliste guide toutes leurs explications. C'est cette dernière conception qui est la plus intéressante aux yeux de Monod. « Ces conceptions que j'appellerai "animistes", dit-il en effet, sont à bien des égards plus intéressantes que les théories vitalistes auxquelles je ne consacrerai qu'un bref aperçu ». ¹²¹¹ C'est pourquoi nous allons présenter ici les thèses que Monod rejettent, pour mieux asseoir ce qu'est proprement son matérialisme scientifique, en nuancant certains traits de la pensée vitaliste et nous nous demanderons ensuite si toutes ces implications dégagées par le matérialisme scientifique refusant le vitalisme instaurent ou non *ipso facto* un matérialisme métaphysique.

1) Cette position n'est pas un vitalisme.

Écoutons Monod dans la *Leçon Inaugurale* expliquer de façon plus explicite ce qui fait le ressort de la pensée vitaliste : « Les différentes théories "vitalistes", d'apparence plus ou

¹²⁰⁸ J. Monod, (1970) p. 42.

¹²⁰⁹ J. Monod, (1970) p. 59.

¹²¹⁰ J. Monod, (1970) p. 52.

¹²¹¹ J. Monod, (1970) p. 43.

moins scientifique, supposent toutes l'existence d'un principe téléonomique, d'une force directrice spéciale présente dans la "matière vivante", absente dans la matière inanimée. Il n'y a pas lieu de s'arrêter longtemps à ces hypothèses dont la stérilité est depuis longtemps avérée. Pour souligner leur insignifiance, il suffit de noter que l'expression même de "matière vivante" n'a aucun sens. Il y a des systèmes vivants ; il n'y pas de "matière" vivante. Aucune substance, aucune molécule extraite et isolée d'un être vivant ne possède, par elle-même, les propriétés paradoxales. Seuls les systèmes vivants, c'est-à-dire au minimum la cellule, les présentent. »¹²¹² Or il y aurait, d'après la perspective vitaliste, une « force directrice », qui serait présente dans « la matière vivante. » Cette force directrice que nous avons présentée, lors de notre débat sur le réductionnisme, paraît comme parachutée de l'extérieur, et c'est ce qui fait le caractère problématique de ce modèle, scientifiquement inacceptable. Monod insiste en effet sur le tort de voir en la matière composant le vivant, une matière autre que celle composant la matière inerte, une « matière vivante. » Monod dénonce en cette expression une contradiction dans les termes. Il insiste sur le fait que seule est vivante une structure vivante organisée, selon ce que nous avons mis en lumière dans le chapitre sur la cybernétique à savoir que seuls des « systèmes » sont « vivants. »

Nous pouvons nous reporter à l'analyse structurale des chapitres 2 et 6, donnée en annexe, que nous allons commenter et discuter ensuite.

En fait, il est certain qu'une précaution ici de lecture et d'interprétation de la pensée de Monod s'impose. En effet, il ne s'insurge pas tant contre ces penseurs que sur leur « vulgate » et plus sur ce que l'on connaît d'eux par leur retentissement dans le grand public que contre la teneur la plus profonde et la plus élaborée de leur pensée ; il s'en explique en faisant remarquer que « l'influence d'une idéologie tient à la signification qui en demeure dans l'esprit de ses adeptes et qu'en donnent les épigones. »¹²¹³ C'est pourquoi, si les études de Madeleine Barthélémy-Madaule sont très précieuses, en rectifiant et en voulant restaurer ces pensées dans leur inspiration originelle, il n'empêche que les critiques exercées par Monod gardent leur pertinence quand on les regarde du côté de leur réception.

Voyons d'un peu plus près sur quoi porte la critique. Il y a chez Monod la volonté d'extirper à tout jamais de la biologie les restes de vitalisme, doctrine selon laquelle une entité non matérielle insuffle, comme de surplomb, la vie aux êtres vivants. L'enjeu du vitalisme est, en grande partie, de conserver dans le vivant une différence qualitative. Si Canguilhem remarque que « le vitalisme n'est pas mort même chez les biochimistes », celui-ci est nié catégoriquement par Monod au profit d'une différence quantitative qui seule peut être à

¹²¹² J. Monod, (1967) p. 6.

¹²¹³ J. Monod, (1970) p. 54.

l'origine d'une explication du vivant. Sa démarche semble être donc l'aboutissement d'un effort de naturalisation des phénomènes du vivant.

Le chapitre 2 se porte en faux contre tous les vitalismes, qu'ils soient métaphysiques, comme celui de Bergson ; ou scientifiques, comme celui de Polanyi ou Elsässer.

Commençons par la critique du vitalisme métaphysique de Bergson. Dans *HN*, les références à Bergson se trouvent en deux endroits clés : au chapitre 2, Monod se différencie de Bergson et de son vitalisme métaphysique¹²¹⁴. Il lui reconnaît cependant le mérite de n'être pas finaliste. C'est ce que Monod voit très bien lorsqu'il dit à son sujet : « Contrairement à presque tous les autres vitalismes ou animismes, celui de Bergson n'est pas finaliste. Il refuse d'enfermer la spontanéité essentielle de la vie dans une détermination quelconque. L'évolution, qui s'identifie à l'élan vital lui-même, ne peut donc avoir ni causes finales, ni causes efficientes. L'homme est le stade suprême auquel l'évolution est parvenue, mais sans l'avoir cherché ou prévu. Il est plutôt la manifestation et la preuve de la totale liberté de l'élan créateur. »¹²¹⁵ Cela dit, Monod se dit « pauvre en intuitions globales »¹²¹⁶, ce qui ne lui permet pas d'entrer en véritable discussion avec Bergson, tout en lui reprochant certaines « obscurités »¹²¹⁷, ce qui est une raison supplémentaire pour n'essayer que très peu de le discuter. Au chapitre 6, Monod revient, de façon encore plus précise, sur cette véritable originalité de Bergson : celui-ci, fait remarquer en effet Monod, se distingue radicalement de tous les penseurs animistes en ce qu'il perçoit dans l'évolution une force créatrice absolue alors que tous les autres y voient la révélation de tout ce qui est déjà donné d'avance. « Bergson, on s'en souvient, écrit-il, voyait dans l'évolution l'expression d'une force créatrice, *absolue* en ce sens qu'il ne la supposait pas tendue à une autre fin que la création en elle-même et pour elle-même. En cela il diffère radicalement des animistes, (qu'il s'agisse d'Engels ou de Teilhard ou des positivistes optimistes tels que Spencer) qui tous voient dans l'évolution le majestueux déroulement d'un programme inscrit dans la trame même de l'Univers. »¹²¹⁸ Et Monod de conclure : « Pour eux, par conséquent, l'évolution n'est pas véritablement création, mais uniquement "révélation" des intentions jusque-là inexprimées de la nature. D'où la tendance à voir dans le développement embryonnaire une émergence de même ordre que l'émergence évolutive. Selon la théorie moderne, la notion de « révélation » s'applique au développement épigénétique, mais non, bien entendu, à l'émergence évolutive qui, grâce précisément au fait qu'elle prend sa source dans l'imprévisible essentiel, est

¹²¹⁴ J. Monod, (1970) p. 44.

¹²¹⁵ J. Monod, (1970) p. 44.

¹²¹⁶ J. Monod, (1970) p. 45.

¹²¹⁷ J. Monod, (1970) p. 45, note de bas de page.

¹²¹⁸ J. Monod, (1970) p. 151.

créatrice de nouveauté *absolue*. »¹²¹⁹ Monod constate dès lors une forme de convergence de la pensée de Bergson avec sa propre pensée qui, elle aussi, voit l'émergence évolutive comme « créatrice de nouveauté *absolue*. » Monod paraît séduit par cette convergence qu'il interroge : « Cette convergence apparente entre les voies de la métaphysique bergsonienne et celles de la science serait-elle l'effet d'une pure coïncidence ? Peut-être pas : Bergson, en artiste et poète qu'il était, très bien informé par ailleurs des sciences naturelles de son temps, ne pouvait manquer d'être sensible à l'éblouissante richesse de la biosphère, à la variété prodigieuse des formes et des comportements qui s'y déploient, et paraissent témoigner presque directement, en effet, d'une prodigalité créatrice inépuisable, libre de toute contrainte. »¹²²⁰ Monod s'oppose donc au vitalisme métaphysique de Bergson, même s'il lui reconnaît une certaine « apparente convergence » avec la théorie scientifique qu'il défend et qui, d'une certaine façon, lui paraît attrayante. Déjà, le cours au Collège de France donné en 1969-1970, contient notamment d'importantes remarques sur Bergson qui vont également dans ce sens.

Nous pouvons citer un passage où Bergson exprime lui-même sa propre conception de la vie : « La vie dans son ensemble, envisagée comme évolution créatrice, » dit-il, « est quelque chose d'analogue à l'œuvre d'art. En cela, elle transcende la finalité, si l'on entend par finalité la réalisation d'une idée conçue ou concevable par avance. »¹²²¹

En quoi leur différence réside-t-elle précisément, selon Monod ?

C'est surtout à la fin de ce chapitre 6, « Invariance et perturbations » que Monod revient assez longuement sur Bergson, pour opposer le mécanisme de conservation moléculaire que la biologie met en évidence à ce que Bergson nommait le " principe de la vie ". « Là où Bergson voyait la preuve la plus manifeste que « le principe de la vie » est l'évolution elle-même, la biologie moderne reconnaît, au contraire, que toutes les propriétés des êtres vivants reposent sur un mécanisme fondamental de conservation moléculaire. Pour la théorie moderne, l'évolution n'est nullement une propriété des êtres vivants puisqu'elle a sa racine dans les imperfections même du mécanisme conservateur qui, lui, constitue bien leur unique privilège. »¹²²² Ainsi, là où Bergson voit un principe de vie, Monod ne voit qu'un simple mécanisme.

On peut encore évoquer un passage peu connu de Bergson sur ce thème du vitalisme, où l'on voit qu'assurément Monod n'a pas tort de le ranger parmi les vitalistes. Dans *L'évolution spirituelle*, Bergson émet en effet l'opinion que « les savants n'ont pas tort quand ils

¹²¹⁹ J. Monod, (1970) p. 151.

¹²²⁰ J. Monod, (1970) p. 151.

¹²²¹ H. Bergson, *L'évolution créatrice*. p. 684.

¹²²² J. Monod, (1970) p. 151.

reprochent au vitalisme d'être une doctrine stérile. » Mais Bergson continue en disant : « il est stérile aujourd'hui, il ne le sera pas toujours. »¹²²³ Bergson est convaincu qu'une biologie vitaliste pourrait se constituer si l'on allait chercher, derrière les formes sensibles des êtres vivants, la force intérieure, dont elles sont les manifestations. »¹²²⁴ Dans cette dernière interprétation de Bergson, nous voyons que Bergson voudrait encore envisager possible une biologie vitaliste au nom d'une « force intérieure », donc, en quelque sorte, selon une conception possiblement non réductionniste, qui relèverait d'un choix métaphysique, différent en cela de la méthodologie scientifique telle qu'elle est établie depuis Descartes. Si cette vue de Bergson n'est pas très connue, elle est pourtant réitérée dans les *Deux sources de la morale et de la religion*¹²²⁵ : celle-ci confirme tout à fait, dans une certaine mesure, le choix que fait Monod de ranger cet auteur dans la catégorie des penseurs d'un vitalisme métaphysique. Il est néanmoins séduit par la qualité de ses intuitions et de ses approches, ce qui fait que le débat avec lui semble pouvoir rester ouvert, précisément sur un plan métaphysique. Ce qu'il conteste, avant tout, c'est sa conception d'un élan vital décelable dans le vivant qu'il juge incompatible avec sa propre théorie des systèmes vivants.

Monod va fustiger surtout les tenants de ce qu'il appelle le « vitalisme scientifique. » Il cite tout particulièrement le biologiste Hans Driesch, qui affirmait la présence d'une « entéléchie » guidant la croissance du fait que les capacités de régénération de l'embryon ne pouvaient être expliquées par aucun mécanisme ; ainsi que deux physiciens, dont Walter-Maurice Elsässer qui est aussi biologiste ainsi que Michaël Polanyi.¹²²⁶ Ce que Monod dit à égard de ces deux derniers paraît très sévère : « Le moins qu'on puisse dire, c'est que l'argumentation de ces physiciens manque singulièrement de rigueur et de fermeté. »¹²²⁷ Ces physiciens critiqués par Monod disent qu'ils ne trouvent pas dans leur discipline de quoi rendre compte de la matière organisée du vivant. Effectivement, comme le dit Monod, pour ces savants, les propriétés des vivants « ne sont pas entièrement explicables à l'aide des forces physiques et interactions chimiques révélées par l'étude des systèmes non vivants. »¹²²⁸ C'est précisément cette affirmation qui fait leur vitalisme et que récuse Monod. De plus, ces physiciens pensent que la physique sur laquelle Monod se fonde est celle de 1930 et que depuis, sa soi-disant limpidité a cessé d'exister. Le biologiste physicien américain Elsässer,¹²²⁹ professeur de géologie et de

¹²²³ H. Bergson, (1993), [1919], p. 81.

¹²²⁴ H. Bergson, (1993), [1919], p. 81.

¹²²⁵ H. Bergson, (2000) [1932], p. 334.

¹²²⁶ J. Monod (1970) pp. 45-46.

¹²²⁷ J. Monod, (1970) p. 41.

¹²²⁸ J. Monod (1970) p. 41.

¹²²⁹ W.M. Elsässer, *The physical foundation of biology*, Pergamon, New York, 1958.

biologie à l'Université Princeton, suit les suggestions de Nils Bohr, de Pascual Jordan connu pour son écrit *La physique et le secret de la vie organique* et de Léon Brillouin que nous avons déjà présenté. Formé à la physique théorique, connu par ses contributions à la géophysique, il s'est aussi posé le problème curieux de savoir ce que la physique moderne peut nous dire au sujet de la biologie. Dans la première Préface d'*Atomes et organisme*, ce biologiste refuse pourtant un certain type de vitalisme jugé par lui périmé. Il fait une distinction entre un vitalisme périmé et ce que celui-ci contient de permanent. Il écrit en effet : « Il est évident que si nous devons choisir entre les deux seules hypothèses du mécanisme et du vitalisme, il existera un manque de symétrie radicale entre celles-ci. Il nous faut déterminer soigneusement le caractère de cette asymétrie... En fait, pour beaucoup, « vitalisme » est devenu un terme quelque peu malpropre. Ce n'est pas du tout ce qui nous empêchera de l'utiliser, mais plutôt le fait que si nous le retenions, nous serions rapidement contraints d'en changer le sens au point de ne plus le reconnaître. »¹²³⁰

Prenons la mesure de la réflexion menée par Walter-Maurice Elsässer, qui présente une nouvelle approche de la biologie théorique. Elsässer fait valoir la quasi-impossibilité qu'il existe des êtres vivants dans un univers strictement mécanique. Il considère le fait qu'à partir du mécanisme pur, qui suppose des séries parfaitement homogènes d'êtres parfaitement homogènes, des êtres aussi peu homogènes que des plantes ou des animaux ne devraient pas exister. Or, ils existent. Ce qui fait qu'Elsässer fait appel à des « lois biotoniques »¹²³¹, au sens de principes vitaux, pour rendre raison des êtres vivants. C'est en faisant allusion à l'existence « mystérieuse » et pour le moins problématique de celles-ci que Monod dénonce le vitalisme d'Elsässer qui a besoin, selon lui, que subsiste en biologie des « mystères »¹²³² pour survivre. Ce qu'Elsässer ne remet pas en cause, c'est « la naissance progressive de la vie sur notre planète à partir de matériaux inanimés. »¹²³³ Ce qu'il remet en cause, c'est que cette continuité dans la genèse du vivant à partir de l'inanimé conduise nécessairement à l'adoption du mécanisme.

Sur un point précis, en particulier, celui de l'épigénèse, Monod montre en quoi réside, à son sens, le caractère erroné de la solution proposée par Elsässer. Contrairement aux thèses de Schrödinger, Elsässer a voulu montrer, en particulier, ce qu'il y avait d'arbitraire à postuler un passage déterministe, au sens de la physique classique, des informations stockées dans les gènes à la structuration de l'adulte. Monod entend montrer l'inanité de la thèse d'Elsässer en prenant pour exemple la structure tridimensionnelle de la protéine qui paraît avoir un contenu

¹²³⁰ W.M. Elsässer, (1966) *Atome et Organisme*, p. IX-X.

¹²³¹ J. Monod, (1970) p. 46.

¹²³² J. Monod, (1970) p. 47.

¹²³³ W.M. Elsässer, (1966), p. X.

informatif plus riche que la structure simplement linéaire. C'est effectivement lors de la conclusion du chapitre 5 de *HN* qu'il évoque le problème d'une apparente contradiction entre fonction d'une protéine et enrichissement de la structure qu'il résout au profit du tout génétique. Voici le passage¹²³⁴ : « On peut donc voir une contradiction dans le fait de dire que le génome "définit entièrement" la fonction d'une protéine, alors que cette fonction est attachée à une structure tridimensionnelle dont le contenu informatif est *plus riche* que la contribution directement apportée à cette structure par le déterminisme génétique. Cette contradiction n'a pas manqué d'être relevée par certains critiques de la théorie biologique moderne. Notamment Elsässer qui voit précisément dans le développement épigénétique des structures (macroscopiques) des êtres vivants un phénomène physiquement inexplicable, en raison de "l'enrichissement sans cause" dont il paraît témoigner. »¹²³⁵ Monod explique que ce caractère est en fait tout à fait explicable sur l'exemple de la protéine, car sa structure tridimensionnelle, qui, au départ, aurait pu être autre, ne peut en fait n'advenir que sous la forme dans laquelle elle apparaît, au vu des conditions initiales. Voici un cas où la nécessité s'exerce de façon entièrement déterministe. « Cette objection disparaît, selon ce que fait remarquer Monod, lorsqu'on examine en détail les mécanismes de l'épigénèse moléculaire : l'enrichissement d'information correspondant à la formation de la structure tridimensionnelle provient de ce que l'information génétique (représentée par la séquence) s'exprime en fait dans des conditions initiales bien définies [...] telles que, parmi toutes les structures possibles, une seule d'entre elle est en fait réalisable. Les conditions initiales, par conséquent, contribuent à l'information finalement enfermée dans la structure globulaire, sans pour autant la spécifier, mais seulement en éliminant les autres structures possibles, proposant ainsi ou plutôt imposant une interprétation univoque d'un message *a priori* partiellement équivoque. »¹²³⁶ Toutes proportions gardées, sur le seul point de la structure tridimensionnelle d'une protéine, Monod effectue un rapprochement avec cette position d'Elsässer qui voit un enrichissement inexplicable, d'un point de vue physico-chimique, dans le développement épigénétique des structures macroscopiques des êtres vivants. Ainsi, c'est en particulier sur cet exemple que Monod entend montrer que tout cet enrichissement répond en fait totalement aux simples lois de la physique et de la chimie.

Monod cite également le vitalisme de Polanyi.

¹²³⁴ J. Monod, (1970) p. 124.

¹²³⁵ J. Monod, (1970) p. 124.

¹²³⁶ J. Monod, (1970) p. 125.

Michael Polanyi, de son côté, a publié plusieurs ouvrages et articles, dont celui paru dans *Science* qui eut un grand retentissement intitulé « *Life's Irreducible Structure* »¹²³⁷. Disons avec M. Morange, pour résumer brièvement, que ce dernier « replace l'intentionnalité et l'émergence au cœur du fonctionnement du vivant. »¹²³⁸ Nous ne faisons ici que mentionner cet auteur car si Monod le nomme, il ne s'affronte pas directement à ses thèses dans *HN*.

En tout cas, ce qui est indubitable c'est que Monod pense au contraire de ces deux savants qu'on peut trouver dans la science physique tout ce qu'il faut pour expliquer l'organisme vivant, l'homme y compris. En effet, à ses yeux, la physique, en éclairant la biochimie suffit à tout expliquer : elle explique la biochimie qui explique la cellule, qui explique la physiologie qui explique les interactions neuronales. Dans une métaphysique matérialiste, la pensée est un produit du système nerveux qui est un produit de la biologie moléculaire, qui est un produit de la physique quantique. Le problème est dès lors de savoir si le système nerveux est le support de la pensée ou s'il la produit. Nous sortons là du champ du matérialisme scientifique pour aborder une question d'ordre métaphysique. Si la première hypothèse est la bonne, nous ne pouvons assurer un matérialisme métaphysique car la pensée présenterait un aspect irréductible. Nous débattons de cet aspect en détail dans la troisième partie de nos travaux.

Monod, est beaucoup moins sévère à l'égard de Nils Bohr, comme nous l'avons vu dans le chapitre portant sur les lois de la physique.

Ainsi, si la confrontation avec Nils Bohr reste ouverte pour Monod, il est clair qu'il entend très nettement récuser le vitalisme en matière de biologie, venant des physiciens tels qu'Elsässer et Polanyi.

DISCUSSION sur le vitalisme :

Tout d'abord, il faut faire remarquer que le vitalisme de Bergson, étant une compréhension du vivant sur un plan métaphysique, ne peut sans doute pas se voir appliqué le réductionnisme méthodologique de la science. Gilson, d'autre part, propose de s'en tenir à l'essentiel, pour une bonne compréhension de Bergson, en supposant que ce dernier entend par « vie » simplement l'ensemble des forces naturelles à l'œuvre dans les êtres vivants et non une énergie distincte comme celle qu'invoquent les vitalismes pour expliquer ce qu'ont de spécifiques les règnes végétal et animal.¹²³⁹ Dans ce cas, Bergson échapperait doublement à la critique qui est faite par Monod à l'égard de sa position vitaliste, au sens fort.

¹²³⁷ M. Polanyi, « *Life's Irreducible Structure* », *Science* 160 (1968) p. 1308-1312.

¹²³⁸ M. Morange, (2013) « Vers un retour du vitalisme ? » §23.

¹²³⁹ E. Gilson, (2009) [1971] p. 163.

D'autre part, si Monod parle bien d'une certaine convergence avec la pensée de Bergson, sur le sens d'une « force créatrice absolue »¹²⁴⁰ à l'œuvre, que signifie, ici, chez Monod le terme d'absolu ? Monod définit le terme d'« absolu » à propos de la création comme ayant le sens de « n'étant pas tendue à une autre fin que la création en elle-même et pour elle-même. »¹²⁴¹ Chez Bergson, s'il n'y a pas une finalité au sens d'un but totalement pré-déterminé, il semble qu'est envisagée néanmoins une sorte de finalité divine qui s'offre à un être doué d'esprit, aussi peu déterminé soit-il, et qui serait inscrite en lui. On lit, en effet, dans *Les deux sources de la morale et de la religion*, que Bergson semble faire une place à la finalité au sein de l'évolution, avec l'avènement de l'homme, lorsqu'il se demande si la fonction essentielle de l'univers n'est pas d'être une « machine à faire des dieux. »¹²⁴² Ce qui impliquerait une certaine finalité, pour l'être humain qui semblerait, de façon tout à fait particulière, transcender la nature dont il est issu. Cet aspect, pourtant métaphysiquement très présent chez Bergson, n'est absolument pas vu par Monod .

Le vitalisme métaphysique présente, aux yeux de Monod, le risque de faire de la force directrice dirigeant la matière une force de surplomb, ce qui n'est pas tenable scientifiquement car les processus physico-chimiques peuvent totalement, du moins en droit, sinon totalement en fait encore actuellement, venir fournir une explication de la complète constitution du vivant.

Le vitalisme proprement scientifique n'échapperait pas à une critique justifiée de la part de Monod. Venant de physiciens, la vision vitaliste est à la fois surprenante et compréhensible : Avec Werner Heisenberg et Niels Bohr, nous assistons à la décomposition du déterminisme. L'électron, qui intervient en chimie ordinaire, apparaît encore comme une énigme pour les physiciens. De plus, l'électron lui-même n'est que conventionnellement indépendant de l'état du noyau. Et dans un cas particulier au moins, contrairement à ce qu'affirme Monod, le principe d'identité est mis à mal : celui de la radioactivité, cas où l'électron est soumis à l'évolution cataclysmique du noyau. L'évolution du XX^e siècle montre qu'en physique, rien n'est jamais définitif : l'atome, d'abord particule insécable est devenu, à l'aube du siècle, un petit système solaire avec noyaux et électrons, puis la dissection a continué avec la structure du noyau, puis celle des baryons et leptons, comme le souligne, avec tant d'autres, Michel Soutif¹²⁴³. En fait, un certain nombre de physiciens ne savent plus trop à l'heure actuelle, comme nous avons déjà eu l'occasion de le souligner, où ils en sont avec le « principe

¹²⁴⁰ J. Monod, (1970) p. 151.

¹²⁴¹ J. Monod (1970), p. 151.

¹²⁴² H. Bergson, (2000), (1932] *Les deux sources de la morale et de la religion*, p. 338

¹²⁴³ M. Soutif, (2002), *Naissance de la physique de la Sicile à la Chine*, EDP Sciences.

d'objectivité » énoncé par Monod, qui exclut systématiquement, d'une exclusion « austère »,¹²⁴⁴ comme dit Monod tout recours à l'idée de fin, de but. Les principes finalistes dégagés sont-ils simplement heuristiques ou appartiennent-ils à la réalité ? Il se trouve, par exemple, que les principes de Fermat sur la vitesse de la lumière ou de Maupertuis sur la quantité de mouvement ont permis, par leur caractère finaliste, de trouver de bonnes solutions à ces deux problèmes. La méthodologie scientifique ne peut répondre à cette question, puisque la finalité se trouve hors du champ d'action de l'enquête proprement scientifique. Une remarque de Gilson fait valoir que Monod ne prend pas en considération l'argument principal d'Elsässer, qui est précisément l'impossibilité d'une explication mécanique complète de l'hétérogène.¹²⁴⁵ Elsässer n'élève aucune objection contre la possibilité du mécanisme de l'invariance. Cependant, c'est précisément la diversité, la variété qui, pour lui, fait problème. Ainsi, pour Elsässer, les organismes représentent une forme de matière à part. C'est pourquoi, il va jusqu'à risquer le terme de matière organismique pour, par ce néologisme, rendre compte de l'irréductibilité de cette matière par rapport à la matière inerte.

Il est clair cependant de nos jours, qu'aux yeux de la plupart des scientifiques actuels, le vitalisme est conceptuellement mort, et Monod a beaucoup contribué à ce que ce débat soit non seulement ouvert mais réglé, par toutes les démonstrations auxquelles il s'attache pour prouver son inanité.

Michel Morange n'ignore pas le fait que nous assistons depuis 2010 à un retour de vitalisme, particulièrement avec la parution de deux ouvrages marquants qui ont pour titre *Repenser le vitalisme*¹²⁴⁶ et *Vitalism and Scientific Image in post-Enlightment Life Science, 1800-2010*. Cependant, M. Morange met l'accent sur deux reproches qu'on peut adresser à ce courant, dont le second principalement le rend incompatible avec la méthodologie scientifique : « Les vitalistes, dit-il, n'ont-ils pas freiné la recherche expérimentale : mais surtout commis une faute impardonnable pour un scientifique : avoir renoncé à chercher une explication naturelle des phénomènes observés, et avoir fait appel à des explications non scientifiques comme l'existence d'une "force vitale ?" »¹²⁴⁷ Il conclut qu'« à l'âge de la biologie synthétique, le vitalisme semble bel et bien mort. »¹²⁴⁸ Ainsi, que Monod réprovoie le vitalisme scientifique, même si son angle d'attaque est lui-même quelquefois contestable, est tout à fait conséquent avec sa position méthodologique de matérialiste scientifique. Cela dit, Olivier Sartenaer, tentant de repenser la controverse entre vitalisme et matérialisme pense que la voie de

¹²⁴⁴ J. Monod, (1970), p. 221.

¹²⁴⁵ E. Gilson, (1971) *D'Aristote à Darwin et retour*, Vrin. (1971) p. 179.

¹²⁴⁶ Pascal Nouvel, *Repenser le vitalisme*, Paris, PUF, 2011

¹²⁴⁷ M. Morange, (2013) « Un retour du vitalisme ? », Revue du comité pour l'histoire du CNRS, t. II, n°2, p. 150, § 4, en ligne.

¹²⁴⁸ M. Morange, (2013) « Un retour du vitalisme ? » § 37, en ligne

l'émergence, ouverte au XX^e siècle par certains penseurs, tel George Henri Lewes, permet un nouveau questionnement pour penser la vie dans la matière ;¹²⁴⁹ voie sur laquelle Monod s'est aussi engagé, comme nous l'avons vu à la fin de notre seconde partie, et qui n'a pas fini d'être encore totalement explorée. Il convient, de plus, au terme de cette discussion, de faire remarquer que cette confrontation des disciplines de la physique et de la biologie et leur articulation est loin d'être achevée de nos jours.

2) Cette position se démarque aussi de l'animisme.

La définition qu'en donne Monod revient à faire de l'animisme un produit de la projection humaine sur la nature et consiste, par conséquent, à voir en elle un être animé d'intentions. « La démarche essentielle de l'animisme tel que j'entends le définir ici, lit-on dans *HN*, consiste en une projection dans la nature inanimée de la conscience qu'a l'homme du fonctionnement intensément téléonomique de son propre système nerveux central. C'est, en d'autres termes, l'hypothèse que les phénomènes naturels peuvent et doivent s'expliquer en définitive par les mêmes "lois" que l'activité humaine subjective, consciente et projective. »¹²⁵⁰ Le chapitre 9 reprend cette même critique contre la projection animiste existant sous le règne de ce que Monod appelle « l'ancienne alliance » établie par l'animisme entre la Nature et l'Homme. Vitalismes et animismes, enfreignant le postulat d'objectivité, y sont clairement déclarés « hostiles à la science »¹²⁵¹.

En ce qui concerne l'animisme, Monod dément, pour ses contemporains, l'idée, sans doute répandue, qu'il commencerait à la philosophie biologique de Teilhard de Chardin. Il fait remarquer que ce courant animiste remonte à la nuit des temps et, qu'en tant que théorie universelle de l'évolution, il remonte au positivisme de Spencer et au matérialisme dialectique de Marx et d'Engels, influencé lui-même par l'hégélianisme.

Dans la *Leçon inaugurale*, Monod commence par énoncer cette position teilhardienne selon laquelle la solution métaphysique consiste à supposer que la téléonomie et l'émergence sont en réalité des propriétés universelles, manifestées seulement de façon plus intense chez les êtres vivants, à commencer, ou à finir, par l'homme lui-même : « C'est, dit-il, la solution de Teilhard de Chardin, qui n'est pas neuve d'ailleurs. Sous une forme ou une autre, explicite ou pas, cette idée est présente dans la plupart des grands systèmes religieux ou métaphysiques. Il

¹²⁴⁹ Olivier Sartenaer, (2013) « La vie dans la matière ; repenser la controverse entre vitalisme et matérialisme. » p. 50, en ligne.

¹²⁵⁰ J. Monod (1970), p. 49.

¹²⁵¹ J. Monod (1970) pp. 213-215 et p. 221.

est aisé de la reconnaître, sous divers déguisements, dans la physique d'Aristote comme dans la biologie de Teilhard de Chardin, dans l'idéalisme hégélien comme aussi dans le matérialisme dialectique. La "logique" de ces interprétations transcendantes, parentes éloignées de l'animisme primitif, implique comme postulat de départ une téléonomie universelle qui tendrait à l'émergence. »¹²⁵² Mais, pour Monod, cette conception ne peut se soutenir qu'en niant le second principe de la thermodynamique, donc au prix d'une erreur scientifique, qui, une fois celle-là mise en évidence, la rend totalement caduque. « Une fois admis cet animisme cosmique, il n'y a plus en effet de difficulté à expliquer l'apparition de la vie et l'évolution ; il aura suffi pour cela de nier le deuxième principe de la thermodynamique. »¹²⁵³ Ce que fait précisément la théorie marxiste de Engels et de Lyssenko, mais ce qui n'est pas aussi explicite, à mon avis, dans les autres. Contrairement aux thèses animistes, Monod soutient au contraire que l'invariance précède théoriquement les structures téléonomiques¹²⁵⁴. Le but principal explicite de son ouvrage *HN* consiste même à démontrer, nous l'avons vu, que le projet téléonomique essentiel réside en la transmission d'une génération à l'autre du contenu d'invariance caractéristique de l'espèce.

Monod s'appuie pour fonder sa thèse sur le second principe de la thermodynamique et montre qu'elle seule est compatible avec ce dernier, ce principe faisant état de la compatibilité d'un certain degré d'ordre localement, avec la loi de décomposition généralisée, définie par la loi d'entropie. Ce principe, dans une conception élargie, montre que le désordre lui-même est créateur d'ordre et que si même, à grande échelle, la loi d'entropie est telle que tout va vers son état le plus probable, à savoir l'état de décomposition, des îlots d'ordre, en de courtes limites, ne sont pas exclus. C'était déjà tout ce qui était dit, et dont nous avons parlé à propos des lois de la physique, dès le chapitre 1 de *HN* : « Au sein d'un système énergétiquement isolé dans l'une de ses phases, on pourra observer la formation et l'accroissement de structures ordonnées sans que pour autant l'évolution d'ensemble du système cesse d'obéir au second principe. »¹²⁵⁵ Or, nous avons vu que Monod suppose l'univers comme un système isolé,¹²⁵⁶ dans laquelle cette loi peut s'appliquer.

Faisant suite à ce passage de *La leçon inaugurale*, Monod énonce dès lors la seule solution, à ses yeux, compatible avec ce principe à savoir que l'émergence doit *nécessairement* précéder la téléonomie. Cette solution « diamétralement opposée aux vitalistes et aux animistes apparaît aujourd'hui comme la seule compatible avec le deuxième principe. Car, si ce principe

¹²⁵² J. Monod, (1967) p. 6.

¹²⁵³ J. Monod, (1967) p. 6.

¹²⁵⁴ J. Monod, (1970) p. 41.

¹²⁵⁵ J. Monod (1970), p. 35.

¹²⁵⁶ J. Monod (1970), p. 242.

est absolument inconciliable avec une quelconque téléonomie universelle, il n'exclut nullement l'émergence locale de structures complexes. Il fallut cependant le génie de Darwin pour que s'imposât l'idée que la téléonomie *procède* de l'émergence qui la crée, l'aiguise et l'amplifie. Mais il ne s'agissait encore que d'une solution logique, non d'une interprétation physique. La sélection darwinienne rendait compte de l'évolution dans la biosphère, mais non des propriétés fondamentales qui font des systèmes vivants les sujets de la sélection. Il restait donc à découvrir *l'ultima ratio* : le support physique de l'émergence et la nature physique des interactions téléonomiques. »¹²⁵⁷ Monod désigne par-là l'ADN, dont la structure fut dégagée par Watson et Crick, ainsi que la nature des protéines entrant en interactions pour générer un être vivant. C'est pourquoi Monod, parlant de son matérialisme scientifique, le qualifie de « darwinisme moléculaire, »¹²⁵⁸ manifestant en cela l'héritage de Darwin pensant la descendance du vivant avec modification au cours de l'évolution nouvellement éclairée dans son processus par l'apport de la génétique, qui vient expliquer à la fois les propriétés invariantes du vivant et sa capacité à se modifier. De plus, Darwin n'accorde pas à la sélection naturelle le rôle exclusif qu'elle tient ensuite dans la théorie synthétique de l'évolution. Dans les trois premiers cours de 1969-1970,¹²⁵⁹ Monod prend le temps de bien marquer en quoi la biologie moléculaire se réclame de Darwin et en quoi, elle le complète et l'éclaire. L'apport de la théorie génétique de l'hérédité qu'ignorait Darwin vient éclairer certains points laissés obscurs par Darwin, à propos de cette descendance avec modification, par la découverte de la réplication de l'ADN et de l'ensemble des systèmes de régulations des protéines qui conduisent au vivant ou à sa modification, par le jeu des mutations aléatoires sélectionnées par le tri de la sélection naturelle, à laquelle Darwin n'accordait pas une place aussi prépondérante.

Monod s'insurge également contre « le progressisme scientiste » de Teilhard de Chardin dans ces pages signalées du chapitre 2 de *HN*¹²⁶⁰.

Si Monod récuse l'animisme de Teilhard, il lui emprunte néanmoins les deux notions de « biosphère » et de « noosphère », tout en signifiant la distance entre leurs deux acceptions chez l'un et l'autre. Dans le texte « *On values in the age of Science* », dont nous donnons une traduction en annexe, Monod parle de l'héritage biologique qui fait partie de l'essence de l'homme et parle de « cette essence qui participe à un autre royaume qui transcende le physique et le biologique, à savoir le royaume des idées et de la connaissance, c'est-à-dire, la

¹²⁵⁷ J. Monod (1967), pp. 6-7.

¹²⁵⁸ J. Monod (1969-1970), 1er cours, p. 8 et 2è cours, pp. 15-16.

¹²⁵⁹ J. Monod, (1969-1970), premier cours, p.8 ; deuxième cours, pp.15-16 et troisième cours, p.3.

¹²⁶⁰ J. Monod (1970) pp. 49-50.

« noosphère », pour utiliser le mot de Teilhard. »¹²⁶¹ Il est probable que Teilhard tienne lui-même le terme de biosphère de travaux russes écrits dans les années 30, terme trouvé en particulier dans le titre d'un ouvrage de Vernadski. Le terme de noosphère est, lui, proprement teilhardien. Gould se rappelle, de son côté, Teilhard félicitant le géologue Eduard Suess d'avoir créé le terme de « biosphère » qui s'ajoute aux couches concentriques traditionnelles que sont la lithosphère et l'atmosphère. Il cite ensuite des propos de Teilhard soutenant que la conscience a ajouté une « nappe » supplémentaire, « la surface humaine psychiquement pensante, la noosphère. »¹²⁶² En effet, Teilhard situe lui-même, en 1927, dans un premier écrit sur le « *Phénomène humain* » l'invention du terme « noosphère » pour exprimer la dimension réelle de la pensée de l'homme.¹²⁶³ On trouve déjà cependant le terme de noosphère dans l'étude sur *l'Hominisation*, datée du 6 mai 1923. Teilhard la situe dans l'ensemble des sphères, c'est-à-dire qu'il la rattache à la « composition zonaire de notre planète » reconnue par les géologues : barysphère, lithosphère, hydrosphère, atmosphère, puis, avant-dernière, la biosphère de Suess ; enfin, un nouveau « feuillet tellurique », une nouvelle « membrane » apparaît, la « nappe pensante », la Noosphère.¹²⁶⁴ Celle-ci est vraiment une « entité nouvelle »¹²⁶⁵, et « ne prend un sens plein et définitif qu'à une condition : c'est qu'on la regarde, dans sa totalité globale, comme formant un seul et immense corpuscule où s'achève, après plus de six cents millions d'années, l'effort bio-sphérique de cérébralisation. »¹²⁶⁶ Monod cite la noosphère, dès la *Leçon inaugurale* : « Au sein de la biosphère, [le dernier accident conduit] à l'émergence d'un nouveau règne, la noosphère, le royaume des idées et de la connaissance, né du jour où les associations nouvelles, les combinaisons créatrices réalisées chez un individu, ont pu, transmises à d'autres, ne plus périr avec lui. »¹²⁶⁷ « La noosphère existe, dit-il encore dans le texte « *On values in the age of Science* », comme un royaume partiellement autonome, parce que dans la famille des hominidés a été développée une forme de communication qui est unique pour cette famille particulière. »¹²⁶⁸ Et tout à la fin de ce même écrit, il écrit, en s'opposant fermement par-là à Teilhard lui-même : « L'éthique et les valeurs, depuis que l'homme a commencé à rechercher le sens de sa propre existence, ont été toujours fondées sur quelque relation essentielle supposée exister entre lui et l'univers. Nous savons maintenant que l'unique relation authentique passe par ce royaume abstrait, la

¹²⁶¹ J. Monod (1969), p. 26.

¹²⁶² S. J. Gould, (1983), *Quand les poules auront des dents*, p. 271.

¹²⁶³ P. Teilhard de Chardin, (1955) *Le phénomène humain*, p. 201.

¹²⁶⁴ P. Teilhard de Chardin, (1955) *Le phénomène humain*, p. 200

¹²⁶⁵ P. Teilhard de Chardin, (1923) *Hominisation*, p. 10.

¹²⁶⁶ P. Teilhard de Chardin, *Le groupe zoologique humain*, p.105 et s.

¹²⁶⁷ J. Monod (1967), p. 12.

¹²⁶⁸ J. Monod (1967), p. 26.

noosphère ; que l'homme étranger au cosmos peut conquérir l'univers uniquement par la connaissance. »¹²⁶⁹ Pour Monod, l'erreur de Teilhard consiste à considérer la noosphère non comme une abstraction, "le royaume abstrait de la connaissance" mais comme une réalité qui, selon une force ascendante, pénètre jusqu'au cœur des atomes, pour s'élever jusqu'à l'esprit humain. C'est tout le sens de la remarque que fait Monod à Althusser dans sa lettre de réponse du 30 janvier 1968 : « Noosphère est un terme inventé par Teilhard et j'aurais dû insister sur le fait que je l'emploie dans un sens tout à fait différent : l'ensemble abstrait des idées et des concepts. Pour Teilhard, au contraire, la noosphère n'est nullement une abstraction : il la fait pénétrer jusqu'au cœur des atomes. »¹²⁷⁰ Monod se souviendra de cette nouvelle acception lorsqu'il parlera au ch. 9 « du règne des idées, »¹²⁷¹ avec l'avènement de la culture.

Ce qui semble, au premier abord, plus étonnant que la critique à l'encontre de Spencer ou de Teilhard de Chardin qui veut instaurer une vision spiritualiste de l'ensemble du déploiement de l'univers, c'est que Monod s'insurge aussi contre une forme de matérialisme : le matérialisme dialectique. Cela n'est plus étonnant si l'on considère la critique de Monod à son encontre selon laquelle l'erreur de ce système consiste à insérer une cause finale comme moteur de la dialectique. Cette critique est identique à celle portée à l'encontre de la pensée de Teilhard de Chardin qui, lui aussi, envisage une cause finale inscrite au cœur de la matière. Toutes ces conceptions ont en commun d'avoir le tort de déroger au respect du postulat d'objectivité, ce que notre chapitre sur la primauté de l'invariance sur la téléonomie a déjà mis en évidence.

Monod effectue en effet une analyse du marxisme comme autre « projection animiste »¹²⁷², dans le contexte bien particulier du lyssenkisme : tout comme Jacob et Wolff, il va s'opposer à la vision dominante que le lyssenkisme tente d'établir.¹²⁷³ Pour quelles raisons Monod va-t-il s'opposer au communiste Trofim Denissovitch Lyssenko, né en 1898 et mort la même année que lui, en 1976 ? « Lyssenko accusait les généticiens de soutenir une théorie radicalement incompatible avec le matérialisme dialectique, donc nécessairement fausse. Malgré les dénégations des généticiens russes, Lyssenko avait parfaitement raison. La théorie du gène comme déterminant héréditaire invariant au travers des générations, et même des hybridations, est en effet tout à fait inconciliable avec les principes dialectiques. C'est par définition une théorie idéaliste, puisqu'elle repose sur un postulat d'invariance. »¹²⁷⁴ Avant 1948, des intellectuels français proches du communisme vont soutenir Lyssenko. S'il est vrai

¹²⁶⁹ J. Monod (1969), p.27.

¹²⁷⁰ J. Monod, lettre à Althusser du 30 janvier 1968, p. 2 et 3, aux *Archives de l'institut Pasteur*.

¹²⁷¹ J. Monod (1970), p. 203.

¹²⁷² J. Monod, (1970) p. 52-55.

¹²⁷³ J. Monod, (1970) p. 58.

¹²⁷⁴ J. Monod, (1970) p. 58

qu'en s'engageant dans la résistance, Monod rejoint les réseaux communistes, les FTP, son adhésion est cependant plus pragmatique qu'idéologique. Il se désengage en effet à la fin de la guerre et se distancie toujours plus par rapport au matérialisme dialectique. En 1948, le parti communiste est fort en France. L'affaire Lyssenko éclate cette année-là. Georges Tessier, à la fois communiste et généticien, soutiendra publiquement Lyssenko, même si en privé, il considérera ses thèses comme des supercheries. Monod, quant à lui, est ouvertement contre Lyssenko, car il voit resurgir, comme l'explique F. Jacob, avec la conception du matérialisme dialectique soutenu par ce dernier, une forme de néo-lamarckisme.¹²⁷⁵

Lyssenko considère la génétique comme une science bourgeoise, présentant une vision statique du monde. Sa biologie se veut non génétique de part en part. Il entend découvrir l'essence des lois de la nature. Monod écrit dans le journal *Combat* un article, paru le 15 septembre 1948, très violent à son encontre. Il y démontre l'inanité de la théorie de Lyssenko, qui selon ce dernier aurait obtenu, en tant qu'agronome soviétique des résultats extraordinaires d'amélioration des végétaux et des animaux, en appliquant sa théorie appuyée sur le matérialisme dialectique, en opposition totale avec la génétique « bourgeoise », surnommée le « mendélo-morganisme ».

En 1971, dans la Préface de l'ouvrage de Jaurès Medvedev, *Grandeur et chute de Lyssenko*, Monod écrit encore que « la théorie du gène est incompatible avec l'esprit comme avec la lettre de la dialectique de la nature selon Engels. »¹²⁷⁶ Lyssenko affirme de son côté que la théorie matérialiste dialectique est impensable si l'on n'admet pas l'hérédité des caractères acquis et donc la position de Lamarck. En effet, pour les marxistes, le « diamat » - la dialectique matérialiste - pose une théorie de l'hérédité de l'acquis c'est-à-dire l'unité de ces deux contraires que sont l'hérédité conservatrice et l'adaptation à un milieu changeant. À ceci près que le mot même d'hérédité est détourné de son sens par Lyssenko qui finalement lui donne comme synonyme la notion de « nature soumise à certaines conditions. » Pour ces raisons, Lyssenko a réussi à faire interdire l'enseignement et la pratique de la génétique, pendant une trentaine d'années, de 1934 à 1964, exactement, comme nous en informe Monod.¹²⁷⁷

Monod s'oppose, par-delà Lyssenko, nous l'avons compris, à la conception du matérialisme dialectique présentée par Marx et Engels. Au chapitre 2 de *HN*, une bonne partie de la critique de Monod est dirigée contre la « projection animiste du matérialisme dialectique », chez Marx et Engels. La *dialectique de la Nature* rédigée par Engels parut inachevée en 1925. Plusieurs

¹²⁷⁵ F. Jacob, étude sur « Monod et Lyssenko » au Caphès.

¹²⁷⁶ Jaurès Medvedev (1971), p. 9.

¹²⁷⁷ Jaurès Medvedev (1971), p. 7.

des textes présents dans cet ouvrage sont des fragments des travaux préparatoires de la thèse universitaire de Marx sur la philosophie de la nature chez Démocrite et Épicure. La dialectique de la nature, à l'opposé du couple mutation / sélection, nie que les variations puissent apparaître au hasard et que le milieu n'intervient que pour les sélectionner. Dans la théorie du « diamat », il n'y a que la nécessité qui intervient et non pas le hasard d'abord, puis la nécessité. Par voie de conséquence, le chemin suivi par l'évolution est le seul possible. Il n'y a ni bifurcations possibles ni schéma buissonnant mais une trajectoire précédemment déterminée dans l'étape antérieure. Comme le dit Régis Ladous¹²⁷⁸, chez Engels, l'adaptation exprime la finalité interne du mouvement dialectique. En revanche, il est évident que certains marxistes se rallient à la conception de Darwin ; chez Prenant, par exemple, dans son ouvrage *Biologie et Marxisme*, comme chez Darwin, toute finalité est évacuée. En cela, le texte suivant est remarquable : « Nous savons, commente Régis Ladous, à la p. 219 de son livre, que l'histoire de la vie sur le globe n'est qu'une interminable succession de hasards, corrigés à chaque instant par la sélection, qu'une combinaison inextricable de fortuit et de nécessaire. »¹²⁷⁹ Cette phrase aurait pu provenir de Monod.

Toujours dans la Préface au livre de Medvedev, *Grandeur et chute de Lyssenko*, Monod montre qu'il connaît parfaitement la dialectique de la nature d'Engels, et invite le lecteur à relire *Matérialisme et empiriocriticisme* ou *l'anti-Dühring*,¹²⁸⁰ pour pouvoir juger par lui-même de l'incompatibilité de ces textes avec les résultats de la biologie moléculaire. Les critiques de la part des marxistes ne se font pas attendre. Althusser, en particulier, penseur marxiste de premier plan en ces années 1970, considère que Monod sort du champ de la biologie. Monod s'en défend dans sa lettre à Althusser du 30 janvier déjà citée. Monod expose certes une position matérialiste, mais son matérialisme n'est pas un matérialisme dialectique. En particulier, l'invariance du gène n'est pas un principe dialectique. La forme de matérialisme que soutient Monod se définit donc d'abord par ce qu'il n'est pas, suivant en cela le propos de Spinoza selon lequel « toute détermination est une négation. » En matière d'implication théorique, il est clair donc que la recherche scientifique de Monod et l'ensemble de ses résultats ont pour conséquence qu'il se porte en faux non seulement contre le vitalisme mais plus généralement contre l'animisme sous toutes ses formes.

Il se démarque précisément des positions vitalistes et animistes qu'il récuse, au nom des résultats scientifiques en biologie, marquant une nette avancée de l'explication du vivant par des mécanismes qui peuvent tous être expliqués d'un point de vue physico-chimique.

¹²⁷⁸ R. Ladous, (1984) *Darwin, Marx, Engels, Lyssenko et les autres*, p. 73.

¹²⁷⁹ Prenant, *Biologie et marxisme*, p. 219

¹²⁸⁰ J. Medvedev, *Grandeur et chute de Lyssenko*, Gallimard, 1971, p. 11.

DISCUSSION sur l'animisme :

La méthodologie scientifique, comme le met bien en valeur Monod, contribue à démythologiser la nature ; ce qui apparaît comme un réel progrès pour l'esprit humain. C'est pour cela que la notion de matérialisme scientifique est un quasi pléonasme pour désigner l'attitude intellectuelle propre à la recherche scientifique. Cela passe par l'évacuation de toute hypothèse vitaliste ou animiste concernant le vivant. L'attitude réductionniste et objectivante de la science, et ici, en l'occurrence, de la biologie moléculaire, est à ce prix. Une telle démarche scientifique offre, sous cette seule condition, une garantie de résultats qui contribuent à l'essor même des seuls progrès possibles en matière scientifique.

Revenons cependant sur cette remarque de Monod selon laquelle le point commun de tous ces systèmes est que la nature se voit dotée d'une « force » évolutive¹²⁸¹, ce qui revient, dit Monod, « à l'abandon du postulat d'objectivité. »¹²⁸² En effet, Monod risque ici de confondre le point de vue de la science régie par ce postulat et le point de vue métaphysique qui n'est pas régi par ce postulat. On pourrait donc envisager différents niveaux d'interprétations à propos de l'univers, sans théoriquement enfreindre quelque postulat d'objectivité que ce soit, puisqu'il n'est pas nécessairement applicable en métaphysique. En effet, cet « abandon » dont Monod prend acte, n'est pas nécessairement une erreur sur un plan métaphysique.

Ces pensées animistes présentent l'intérêt, pour certaines, d'envisager, la plupart du temps, d'une certaine façon, toujours un esprit à l'œuvre dans la matière, qu'il s'agisse de l'Esprit absolu de Hegel, ou de l'esprit créateur des religions monothéistes. En ce sens, c'est la matière elle-même qui permettrait de révéler, à sa façon, des traces de la présence de l'Être, source de tous les étants de la nature, à travers Son action qui les pose eux-mêmes dans l'existence ; dans ce cas, cet Être peut être perçu à la fois comme transcendant la création, puisqu'il n'est connu comme Créateur que par la relation ontologique de la création à Lui, et comme immanent puisqu'il la traverse de son souffle. Comme le disent les chrétiens, c'est « en Dieu que nous avons la vie, le mouvement et l'être »¹²⁸³, déclaration paulinienne à laquelle souscrirait Teilhard de Chardin. Cependant, il faudrait distinguer de cette perspective certaines conceptions panthéistes, qui sont, il est vrai, une forme d'animisme au sens où elles voient Dieu en tout, ce qui fait vraiment de tous les êtres de la nature des êtres doués d'une intention.

¹²⁸¹ J. Monod (1970), p. 51.

¹²⁸² J. Monod (1970), p. 51.

¹²⁸³ Bible de Jérusalem, (1975) Actes des Apôtres, 17, 28, p. 1622.

La perspective que nous évoquons avec la citation de saint Paul relèverait plutôt d'une conception « panenthéiste »¹²⁸⁴ qui, elle, voit plutôt tout en Dieu, néologisme dont Dominique Lambert attribue la paternité du terme à Blondel¹²⁸⁵ : ce « panenthéisme » en est, en réalité, très différent du panthéisme car dans cette dernière, la matière n'est pas divinisée ni n'est non plus la propre pensée de Dieu et ne fait donc pas un avec son principe fondateur.

N'est-ce pas cause perdue pour Monod de critiquer ces vues puisqu'il avoue lui-même que cette inexistence est indémontrable ? Rappelons cette assertion, citée déjà plusieurs fois, métaphysiquement lourde de conséquence de Monod dès la fin du premier chapitre du *HN*, en parlant du postulat d'objectivité : « Postulat pur, à jamais indémontrable, car il est évidemment impossible d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la non-existence d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. »¹²⁸⁶ En tout cas, Monod reconnaît ne pas avoir la possibilité ici de dire que cette idée d'une finalité pensée par un Être transcendant agissant au cœur de la nature, qui dépasse certes les vues scientifiques, est fautive en elle-même.

Ainsi, l'animisme teilhardien est une façon, sans doute inappropriée dans sa forme, et quelquefois dans son contenu aussi, il faut le reconnaître, dans certains écrits de Teilhard, mais intéressante dans son fond, précisément lorsqu'elle se sépare d'un animisme erroné, comme nous le mettrons en évidence au cours des prochains débats. Les études de J.-M. Maldamé contribuent à opérer un discernement sur diverses affirmations de Teilhard qui permettent de voir chez lui les risques de dérapage vers l'animisme, loin de l'orthodoxie chrétienne, tout en préservant la richesse d'une pensée croyante prenant la mesure de cette nouvelle conception du monde présentée par l'évolutionnisme. « Lorsque la théologie parle de la dimension cosmique du salut, elle rencontre des thèmes monistes, habituels dès que l'esprit unifie les événements du monde et les lois de la nature. Les spiritualités cosmiques voient l'homme comme un être doué de conscience, capable de discerner et d'user des forces de la nature pour entrer dans le mouvement de "conspiration" (entendu au sens littéral d'animation de la diversité par un même souffle.) Il le fait à cause de sa position privilégiée de médiateur entre ciel et terre. Cette anthropologie est étrangère à la tradition biblique, qui, par le terme de Règne de Dieu, désigne l'action d'un Dieu unique et séparé qui n'est pas confondu avec le cours naturel des choses. »¹²⁸⁷

¹²⁸⁴ D. Lambert, (1999), p. 54.

¹²⁸⁵ D. Lambert (1999), p. 54, il est proposé de se rapporter en particulier à P Archambault, (1941) *Initiation à la philosophie blondélienne en forme de court traité de métaphysique*, Paris, Bloud et Gay, p. 90 ; et à J. Ecole, *La métaphysique de l'être de Maurice Blondel*, Paris, Nawelaerts, 1959, pp. 142-143.

¹²⁸⁶ J. Monod (1970), p. 38.

¹²⁸⁷ J.-M. Maldamé, (1993), *Le Christ et le cosmos. Incidence de la cosmologie moderne sur la théologie*, Paris, Desclée., p. 197. (1998) *Le Christ pour l'Univers*, Paris, Desclée, (coll. Jésus et Jésus-christ, n°73)

La réflexion la plus profonde de Teilhard revient à concevoir qu'il n'est pas possible de laisser la matière à elle-même mais qu'il est métaphysiquement plus intelligible de la rendre dépendante ontologiquement d'un principe créateur qui la fonde.

Il est évident que le fait de chasser tout vitalisme et tout animisme, au sens où l'entend Monod répond à une conformité méthodologique à laquelle la recherche scientifique doit se plier de toute nécessité. Toute pensée animiste présente un risque de monisme ou de panthéisme qui ne peut être acceptable en science : c'est le risque que représentent certaines interprétations du réel selon Teilhard de Chardin. Il est évident aussi que la conception du matérialisme dialectique, surtout avec son représentant en biologie Lyssenko pendant toute une période, a été un frein à l'essor de la génétique. De plus, la biologie moléculaire a effectivement contribué grandement à éliminer la notion de « matière vivante », ce qui fait que seule la notion de « système vivant » est devenue actuellement scientifiquement acceptable. En revanche, les discussions de fond avec certains points de vue métaphysiques ne sont cependant pas tous réglés, et nous y sommes provoqués par Monod lui-même du fait, à son niveau, de certaines confusions de plan de réflexion, comme nos prochains débats vont tenter de le mettre en évidence.

II. Ce qu'est cette position : un matérialisme scientifique.

On s'est proposé depuis le début de notre étude, de voir, en la position scientifique de Monod un « matérialisme scientifique ».

On pourrait nous opposer que la science biologique de Monod fait intervenir des éléments appartenant plutôt à un idéalisme. Et cette remarque serait, dans une certaine mesure, relativement justifiée. Cette position est déjà celle d'Althusser qui dans la *Philosophie spontanée des savants* fait une critique très sévère de la conception de Monod, qu'il considère comme aux antipodes du matérialisme dialectique. La critique d'Althusser vis-à-vis de Monod est cependant une critique, pourrions-nous dire, de circonstances, très liée qu'elle est à tout le courant politique et idéologique marxiste. Cette critique, en effet, est consécutive à la critique du pouvoir d'une bourgeoisie qui privilégie une pensée de l'essence, de l'être, par le biais d'une recherche de stabilité, au détriment de la lutte pour l'existence que mène le prolétariat. Critique instrumentalisée donc par une approche sociologique. Mais par-delà cette critique, à propos de laquelle, sans vouloir en disqualifier totalement la teneur, loin s'en faut, il est possible de pointer cependant le risque de céder quelquefois à une seule grille de lecture orientée, pour décrypter la réalité, il est clair que des éléments de philosophie idéaliste sont

présents dans la présentation de la biologie moléculaire de Monod. En effet, Monod ne rejette pas, loin de là, d'autres formes d'idéalisme qu'il intègre comme au service même de sa science.

On ne veut pas parler ici de l'idéalisme hégélien, qui, en raison de son aspect dialectique, dont le matérialisme dialectique héritera, relève du même reproche que ce dernier. Monod le rejette, en s'appuyant sur les résultats mêmes de la science biologique. Nombreuses sont les hypothèses de départ de Monod visant d'ailleurs, d'une certaine manière, à voir tous les lieux possibles où pouvoir prendre le raisonnement dialectique en flagrant délit d'erreur. Le modèle de l'opéron lui permet d'illustrer ainsi le fait qu'il n'y a pas dans le vivant de négation de la négation, puisque les deux négations à l'œuvre mises en évidence s'effectuent sans subsomption.

Pour procéder par ordre chronologique, citons tout d'abord l'influence de la philosophie platonicienne, qualifiée tantôt de réaliste, au sens où la vraie réalité serait du côté des Idées ou des formes, tantôt d'idéaliste, au sens où la matérialité du monde se rattache à des idées qui la mettent en ordre. On peut signaler, en effet, chez Monod, l'adoption d'un certain idéalisme platonicien, non seulement pour le goût des essences et des invariants, comme le souligne J-J. Kupiec, mais aussi pour l'importance du critère du beau faisant avouer de la part de Monod son choix préférentiel de telle ou telle théorie en raison de sa beauté, comme le rappelle Henri Buc dans son article *En hommage à Monod*.

Monod adopte également délibérément les points centraux de la conception cartésienne. Le vivant est une machine. Il s'agit de mettre en évidence dans le vivant un simple système de levier et de poulies qui opèrent selon les lois cartésiennes tirées de la métaphysique où Dieu agit, comme le dit le livre de la Sagesse, selon « le nombre, le poids, et la mesure. »¹²⁸⁸ Le principe d'objectivité qui confère à l'objet une certaine consistance à la réalité, et son corollaire le refus des causes finales, relève, lui aussi, strictement de l'héritage cartésien.

L'adoption de l'idéalisme cartésien est donc prégnante au cœur de la recherche de Monod : le mécanisme au cœur du vivant vu comme une machine, le principe d'objectivité et le refus des causes finales sont les marques très fortes de cette influence cartésienne. Plus profondément, les éléments cartésiens se portant garants du réel en cautionnant le principe d'objectivité, peuvent ouvrir précisément le champ à ce matérialisme scientifique. En effet, l'étude des différents états de la matière que l'on trouve chez Descartes ouvre la voie à l'expertise qui explique tout le réel connaissable à l'aide des différents états de la matière et de son évolution, y compris le passage du spirituel par le biais de la glande pinéale.

¹²⁸⁸Bible de Jérusalem, (1975), p. 993.

Est présente aussi l'influence de l'idéalisme transcendantal kantien. Monod se réclame d'une épistémologie qui pense les structures *a priori* de l'entendement s'appliquant seules aux phénomènes ; le réel en soi, dans cette perspective reste inconnaissable. Cet idéalisme kantien est bien présent dans la conception de Monod en raison du principe d'objectivité des phénomènes. Ce principe confère cependant une certaine densité au monde des phénomènes, puisque d'une part il tente de faire barrage à l'idéalisme absolu de Berkeley, et que d'autre part il se voit doté d'un certain coefficient de réalisme quand il s'agit de la description du monde de la physique. La matière obéit à son champ d'occupation gravitationnelle qu'est l'espace, et devient l'objet d'une science d'une matière changeant d'état. Sous cet aspect, nous comprenons que le matérialisme scientifique a toute latitude et toute légitimité pour s'exercer : il offre même la possibilité d'ouvrir à un réalisme critique auxquelles de nombreuses assertions de Monod semblent se rallier. Monod cite à la suite et dans le sillage de l'école kantienne, l'épistémologie de Mach, et celle de l'école de Copenhague de Niels Bohr rejoint par Heisenberg.¹²⁸⁹

Plus près de nous, il est évident que l'idéalisme sartrien tient également un grand rôle avec l'accentuation du sujet et l'accentuation également de la notion de pro-jet plongeant ses racines dans le terreau heideggérien qui considère l'homme comme « jeté » dans le monde.

Objet, sujet, projet, voici la triade de l'idéalisme auquel Monod tient de manière extrêmement cohérente et dans un discours aux arguments serrés, parcourant ainsi une théorie de la connaissance qui se construit d'abord en Grèce, puis en Europe, tout au long des siècles. Ce jet, ce *jactum*, revêt un sens qui a quelque chose d'un geste, tout d'abord « tenu » au sein de la relation sujet ou *sub-jectum*, au sens de « ce qui étendu sous » et objet, *ob-jectum* : au sens de « ce qui est étendu devant » ; puis, « jeté », au sens heideggérien, en raison de la situation existentielle de l'homme abandonné à son destin et dont la grandeur ensuite consiste à prendre ce destin en main même si, à l'instar de la description de Camus, comme Sisyphé revenant vers son rocher, cette prise en main est finalement vouée à l'échec total et a pour horizon la mort. C'est ici que le matérialisme scientifique rencontre le matérialisme métaphysique. Mais restons-en au point qui nous occupe, à savoir au matérialisme scientifique.

Toutes ces diverses influences manifestant l'importance d'un certain idéalisme dans la théorie de la connaissance de Monod ne peuvent occulter le fait que la démarche de Monod relève bien d'un matérialisme scientifique, au sens où « pour le matérialisme scientifique, les objets et événements du monde naturel peuvent s'expliquer en fonction de leurs propriétés

¹²⁸⁹ J. Monod, (1970), p. 58.

matérielles. »¹²⁹⁰ Quel est le critère à ce moment-là partagé entre science et matérialisme ? C'est la visée d'une explication du monde uniquement par des causes naturelles et donc une indépendance totale vis-à-vis des concepts visant une réalité transcendante. En ce qui concerne le matérialisme scientifique, cette indépendance est nécessaire. Elle apparaît effectivement comme une méthode inhérente aux activités et aux expérimentations des sciences de la nature. Pour celle-ci, la tâche est bien d'expliquer des phénomènes matériels sans recourir à des entités transcendantes, du fait que celles-ci échappent à toute vérification empirique. Ce qui est proprement l'objectif visé par Monod, comme toute la première partie de notre travail a cherché à le montrer.

Par ailleurs, Monod pense que par le matérialisme scientifique de grandes questions philosophiques restées en suspens, touchant soit à la théorie de la connaissance soit à la conception même du vivant, trouvent enfin leur résolution. Il est intéressant qu'un scientifique manifeste ainsi le souci d'articuler les résultats de la science qu'il pratique avec de grandes questions qui ont été traitées par le passé, par des philosophes, et qui ont toutes un rapport avec sa discipline.

Ce matérialisme scientifique auquel souscrit Monod entend résoudre en effet trois grands conflits de la philosophie classique ou de la philosophie de la biologie : celui entre réductionnistes, tel Descartes, et holistes, tel Hegel, réglé, selon lui, en faveur du réductionnisme cartésien¹²⁹¹ ; celui entre épigénéistes et préformationnistes qui se termine, d'après les nouveaux éléments mis en évidence par la biologie moléculaire, en faveur d'un épigénéisme contenu en puissance dans la structure de ses constituants¹²⁹² ; enfin, celui entre innéisme cartésien et empiristes, avec cette préférence marquée de la part de Monod pour l'innéisme de Descartes et de Kant¹²⁹³, sachant que l'expérience continue d'être considérée comme première, non au titre de l'expérience actuelle mais comme expérience accumulée tout au long de l'évolution. C'est donc au sens où l'innéité même est considérée comme un produit de l'expérience accumulée depuis le début de l'homínisation. En ce sens, « tout vient de l'expérience, y compris l'innéité génétique », comme le dit Monod.¹²⁹⁴

En fait de matérialisme, Monod se démarque très clairement, nous l'avons vu, du matérialisme dialectique. Celui-là est bien, aux yeux de Monod, un animisme non scientifique donc par définition, au sens où une forme de projet est attribuée à la nature qui se déploie jusqu'à

¹²⁹⁰ K.R. Miller, (2009), p. 46.

¹²⁹¹ J. Monod, (1970) p. 105.

¹²⁹² J. Monod, (1970) p. 117.

¹²⁹³ J. Monod, (1970) pp. 192-194.

¹²⁹⁴ J. Monod, (1970), p. 194.

l'avènement d'une nouvelle société humaine sans classes, et au sens aussi où, comme le remarque Popper, celui-là présente un système non réfutable.

C'est seulement par opposition à cette conception matérialiste que Monod accepte lui-même d'être qualifié d'« idéaliste », pour se distinguer totalement, par effet de contraste, du matérialisme dialectique, mais tout en qualifiant le sien de « matérialisme vulgaire. » Il dit en effet que « la théorie du gène comme déterminant héréditaire invariant au travers des générations, et même des hybridations, est en effet tout à fait inconciliable avec les principes dialectiques. C'est par définition une théorie idéaliste, puisqu'elle repose sur un postulat d'invariance. Le fait qu'on connaisse aujourd'hui la structure du gène et le mécanisme de sa reproduction invariante n'arrange rien, car la description qu'en donne la biologie moderne est purement mécanistique. Il s'agit donc encore, au mieux, d'une conception relevant du « matérialisme vulgaire », mécaniciste, et par conséquent "objectivement idéaliste", ainsi que l'a noté Louis Althusser dans son sévère commentaire de ma Leçon inaugurale au Collège de France. »¹²⁹⁵ Cet idéalisme est toutefois encore revêtu des attributs du « matérialisme » scientifique, fût-il « vulgaire », comme prend soin de le spécifier ici Monod, si l'on entend résolument par-là la mise hors-jeu de toute finalité dans l'univers.

Cependant, toutes ces réserves mises à part, inhérentes à des affinités ou à des rejets philosophiques, Monod se réclame du matérialisme scientifique de façon très claire, à commencer par celui mis en œuvre par Darwin. Monod va qualifier son propre matérialisme, nous l'avons vu, de « darwinisme moléculaire », selon le double héritage de Darwin et de la biologie moléculaire. Enfin, il est remarquable que lorsque Monod réfléchit sur les causes de l'essor de ce matérialisme scientifique, dans son éclosion et son développement, il attribue une large part de responsabilité à l'Église, en raison du fait qu'elle est la première à séparer de façon très nette le sacré et la profane.

Au ch. 9 de *HN*, Monod reconnaît que la religion judéo-chrétienne a été, en très large part, à l'origine de l'essor du matérialisme scientifique. Il justifie cela par le fait que religion chrétienne, et par conséquent l'Église, fondée par le Christ, est la première et la seule à avoir pris l'initiative de distinguer le profane et le sacré : « Je suis tenté de noter ici, dit-il, que si cet événement unique dans l'histoire de la culture s'est produit dans l'Occident chrétien plutôt qu'au sein d'une autre civilisation, c'est peut-être, pour une part, grâce au fait que l'Église reconnaissait une distinction fondamentale entre le domaine du sacré et celui du profane. »¹²⁹⁶ Monod reconnaît, à cet égard, une forme de dette envers le christianisme qui a agi en qualité

¹²⁹⁵ J. Monod, (1970) p. 58.

¹²⁹⁶ J. Monod, (1970) p. 218.

de facteur prépondérant ayant favorisé précisément l'essor du matérialisme scientifique. On peut effectivement éclairer ce nouveau statut de distinction des domaines instaurée par la parole du Christ qui invite à rendre à « César ce qui est à César et à Dieu ce qui est à Dieu. »¹²⁹⁷

Nous avons vu en quoi ce matérialisme scientifique est la seule attitude possible pour la pratique d'une science. Non seulement, on se doit de ne pas être animiste en science, mais le réel doit être considéré selon toute sa consistance propre et dans son autonomie ; si bien qu'il faut convenir qu'il est même exigé, pourrions-nous dire, d'être « a-thée » méthodologiquement en sciences, car la recherche se pratique en tant que telle en étant totalement réceptrice à ce qui est donné, et reste occupée à donner une explication totalement naturelle des faits naturels.

DISCUSSION sur le matérialisme scientifique.

Nous commencerons par soulever une difficulté inhérente à cette définition de matérialisme scientifique. Nous soulignerons ensuite l'intérêt qu'il y a à ce qu'un homme de science tente d'articuler les résultats de sa science avec de grandes questions d'ordre philosophique, puisque que pour Monod, les découvertes scientifiques sont à même de venir régler des débats philosophiques. Puis, en lien avec ce que dit Monod sur l'originalité de la civilisation chrétienne qui a permis l'essor scientifique, nous mettrons l'accent sur un certain point de vue qui semble toutefois, de sa part, sinon assez contradictoire, au moins discutable, selon lequel il tient à la fois à montrer que la religion chrétienne est en grande part responsable de l'essor du matérialisme scientifique tout en continuant cependant à la qualifier d'animiste. Enfin, nous ferons valoir que le matérialisme scientifique demeure réellement, en dépit de changements de paradigmes, en tant que posture intellectuelle face au réel, le propre de la démarche scientifique.

Il est possible, tout d'abord, d'évoquer ici le caractère problématique de la matière, qui rend difficile une définition univoque du matérialisme scientifique. « Affirmer que la science est matérialiste exigerait, pour avoir un sens, que l'on ait d'abord précisé ce qu'est la matière » suggère Michel Morange.¹²⁹⁸ Il est intéressant, à cet égard, de rappeler, comme l'a fait Althusser dans sa brève présentation du contenu scientifique des écrits de Monod du 11 décembre 1967, que pour Monod il n'y a pas de matière vivante mais qu'il n'y a que des systèmes vivants, rappelant ainsi les termes de la *Leçon Inaugurale*.¹²⁹⁹ Cependant, s'il n'y

¹²⁹⁷ Bible de Jérusalem, (1975) Marc, 12, 17, p. 1497.

¹²⁹⁸ M. Morange, (2010) p. 153.

¹²⁹⁹ J. Monod (1967), p. 6.

pas de matière vivante, il n'y aurait pas non plus de matière brute, au sens où Claude Bernard affirme : « Une fois que la recherche du déterminisme des phénomènes est posée comme principe fondamental de la méthode expérimentale, il n'y a plus ni matérialisme, ni spiritualisme, ni matière brute, ni matière vivante, il n'y a que des phénomènes dont il faut déterminer les conditions, c'est-à-dire, les circonstances qui jouent par rapport à ces phénomènes le rôle de cause prochaine. Au-delà, il n'y a plus rien de déterminé scientifiquement. »¹³⁰⁰ Claude Bernard indique par-là que la question de la matière, en tant que telle, ne serait pas pertinente en sciences et ne répondrait pas à une préoccupation liée ni à ses enjeux et ni ses objectifs qui consistent uniquement à trouver les lois déterminantes des processus concernant les changements de ses différents états, alors que celle-ci semble dans sa définition proprement dite, échapper à la science.

Ces réserves mises à part, il semble qu'un des objectifs, sinon le seul, des sciences est d'observer de façon de plus en plus précise le comportement de la matière, si problématique soit-il, et que cet objectif constitue de façon indéniable le ressort même de la recherche scientifique.

A propos du sujet où Monod entend avoir réglé des conflits philosophiques jusque-là insolubles, grâce aux progrès accomplis par la biologie moléculaire, la question qui se pose est de savoir s'il y est parvenu. Oui, en ce sens que le postulat d'objectivité instaure un réductionnisme méthodologique qui permet à la biologie d'expliquer les strates de complexité supérieure du vivant par les strates inférieures. Oui, au sens encore où le niveau embryonnaire révèle que le développement ultérieur du vivant, son ontogenèse est inscrite dans son génome, qui ne fait que déployer et faire émerger ce que le programme génétique contenait. Oui encore, car les découvertes scientifiques donnent raison à Descartes et à Kant puisque le programme est bien inné en l'homme. Il y a bien une forme d'innéisme qui ne contredit en rien l'empirisme radical, si l'on entend par expérience l'expérience accumulée au fil des générations, intégrée elle-même au sein de l'innéisme génétique.¹³⁰¹

En un autre sens, sur ces trois débats ouverts et refermés par Monod, on pourrait faire valoir cependant pour le premier concernant le débat réductionnisme/holisme, que le holisme peut cependant relever d'une métaphysique capable de voir dans le vivant une forme, non pas achevée, mais « plastique », ou « une force unifiante » informant une matière. Pour le second, concernant la querelle entre préformationnistes et épigénétistes, il est acquis certes que le préformationnisme est définitivement récusé par la science ; néanmoins l'embryon apparaît de

¹³⁰⁰ C. Bernard, [1865] (2008) *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 3ème partie, chap. IV, p. 371.

¹³⁰¹ J. Monod (1970), p. 198.

plus en plus comme un lieu d'échange très intense avec toutes les influences du milieu extérieur qui conditionne la qualité de son développement. Quant au troisième conflit faisant surtout droit à l'innéisme des idées, il est concevable aussi que l'expérience « actuelle » joue également toute sa part et que la démarche empirique ne le cède en rien à la démarche hypothético-déductive, spécialement celle conduite par induction : celle-ci, en effet, garde toute sa force, en dépit de toutes les précautions méthodologiques tentant d'instaurer la seule méthode hypothético-déductive qui n'est, bien souvent, qu'une reconstitution *a posteriori*.

Ainsi, le matérialisme scientifique de Monod s'aventurant à régler l'ensemble de ces questions au nom des résultats de la biologie moléculaire laisse en suspens certaines apories, qui font encore l'objet de nombreux débats.

Le troisième point que nous nous sommes proposés d'aborder concerne le jugement que porte Monod sur la religion chrétienne qu'il pense à l'origine de l'essor du matérialisme scientifique et qu'il qualifie toutefois d'animiste. En effet, n'y a-t-il pas une forme d'inconséquence de la part de Monod à qualifier la religion chrétienne d'animiste ? On peut lire par exemple sous la plume de Monod : « Il est facile de voir que les "explications" destinées à fonder la loi en apaisant l'angoisse, sont toutes des "histoires" ou plus exactement des ontogénies. »¹³⁰² Après avoir cité les mythes primitifs, illustrant l'animisme des peuples appartenant à un temps reculé, Monod cite « les grandes religions, qui, dit-il, sont de même forme, reposant sur l'histoire de la vie d'un prophète inspiré qui, s'il n'est pas lui-même le fondateur de toutes choses, le représente, parle pour lui et dit l'histoire des hommes et leur destinée. »¹³⁰³ C'est à cet endroit que Monod cite précisément le judéo-christianisme : « De toutes les grandes religions, le judéo-christianisme est sans doute la plus "primitive" par sa structure historiciste, directement attachée à la geste d'une tribu bédouine avant d'être enrichie par un prophète divin. »¹³⁰⁴ Le christianisme fait donc bien partie de toutes ces religions animistes qui visent à calmer l'angoisse existentielle de l'homme. Or, comment cette religion peut-elle à la fois séparer le sacré du profane et être reconnue toutefois comme animiste, au sens où l'entend Monod ? C'est, en effet, le judéo-christianisme qui a totalement désacralisé l'univers, en renonçant à faire des astres des dieux, contrairement à l'ensemble des mythologies des époques les plus reculées que l'on connaisse, et rejeté une conception de la matière vue comme une puissance totalement et à part entière indépendante, quasi divinisée. Et il est vrai que la distinction de ces deux domaines n'est pas effectuée dans la pensée "animiste", telle qu'elle est définie par Monod. Ce qui ferait que cette religion ferait exception et ne pourrait

¹³⁰² J. Monod, (1970) p. 211.

¹³⁰³ J. Monod (1970) p. 211.

¹³⁰⁴ J. Monod (1970) pp. 211-212.

être classée, à proprement parler, comme une conception animiste, contrairement aux propos de Monod. En récusant le judéo-christianisme, surtout quand il dénonce, à travers lui, un animisme qui n'en est pas un en l'occurrence, Monod ne commet-il pas une erreur de discernement ?

Pour Ilya Prigogine et Isabelle Stengers, Monod serait des derniers représentants de la science classique menée depuis trois siècles, et dans laquelle, pour leur part, ils ne se retrouvent plus. Il convient de rappeler que ces auteurs font allusion au fait que la physique à l'époque de Monod est en train d'évoluer vers un nouveau paradigme, puisque la science classique se voit concurrencée par la physique quantique. Dans *La nouvelle alliance*, ceux-ci écrivent en ce sens : « Lorsqu'il énonça cette conclusion, Monod donnait voix non seulement à une interprétation possible de certains résultats de la biologie moderne, mais aussi à celle d'un ensemble théorique bien plus vaste, que nous appellerons la science « classique » et que cette science n'a cessé, au cours des trois siècles d'existence, de conclure que l'homme est un étranger dans le monde qu'elle décrit (...) une science classique dont les réussites ont pu se donner comme tragiques et dont nous disons qu'elle n'est plus aujourd'hui notre science ». ¹³⁰⁵

Le fait que la physique quantique montre que tout est relié dans l'univers, que toute particule influe sur les autres, que l'observateur peut influencer sur les résultats, tout ceci vient mettre en lumière la connaturalité de l'être vivant, et en particulier, de l'homme, avec l'ensemble de la nature, ce qui lui ôte, sous ce rapport, cet aspect d'étrangeté au monde, puisqu'il en est totalement solidaire. Mais, il est possible de faire remarquer que cette "nouvelle alliance" n'est en rien la négation du matérialisme scientifique, en tant que tel. Seule, l'« ancienne alliance » ¹³⁰⁶ de l'homme et de la nature, pour parler comme Monod, où l'homme voyait en la nature un être animé d'intentions, ne permettait pas ce nouvel essor d'un matérialisme scientifique, comme la distinction de Monod d'avec tous les vitalismes et animismes antérieurs l'a bien montré.

Le matérialisme scientifique, ayant pour objet les différents états de la matière dans ses différents processus, définit une attitude intellectuelle qui demeure, alors que les différentes découvertes scientifiques, bien évidemment, évoluent et instaurent de nouveaux modèles, à l'origine de nouveaux paradigmes, qui peuvent réfuter complètement ou seulement partiellement les anciens ; ce qui ne change rien à la définition du matérialisme scientifique, en tant qu'il se présente comme une explication des causes matérielles efficientes qui régissent les différents états de la matière en question.

¹³⁰⁵ I. Prigogine et I. Stengers (1986) p. 10.

¹³⁰⁶ J. Monod (1970), p. 49.

III. Passage du matérialisme scientifique à une métaphysique naturaliste athée.

A partir des découvertes en sciences, Monod va établir une conception de l'homme et de l'univers qui rejette toute hypothèse d'un Être transcendant qui lui donne d'exister. On trouve, chez Monod, un peu avant la fin de la Leçon inaugurale l'exposition selon laquelle il montre qu'il a bien conscience du caractère provoquant et austère de sa thèse exigeant une véritable « ascèse objective. » : « Que l'homme n'ait aucune importance dans l'univers, qu'il n'y pèse d'aucun poids, et que si même il a émergé, c'est par hasard, ce résultat capital de la science est aussi le plus inacceptable. »¹³⁰⁷ C'est à la suite de cet énoncé que Monod énonce clairement le refus de sa part de toute transcendance, qui aurait eu comme contrepartie d'accorder à l'homme une place plus noble mais dont il faut faire son deuil, en raison de ce « résultat capital de la science » que nous venons d'énoncer. « Le refus [de ce constat], le recours à la transcendance, ou à une quelconque entéléchie universelle, dit-il, n'exige pas une telle ascèse objective et permet d'assigner à notre humaine condition une origine supposée plus noble et plus signifiante. »¹³⁰⁸ Il passe alors au matérialisme au sens philosophique du terme, assez bien défini par Luc Ferry dans *La sagesse des Modernes*, en ces termes : « Au sens philosophique, on doit entendre par matérialisme la position qui consiste à postuler que la vie de l'esprit est tout à la fois produite et déterminée par la matière, en quelque acception qu'on la prenne. Par rapport à la matière, donc il n'est pas d'autonomie véritable, absolue, du monde de l'esprit ou, si l'on veut, pas de transcendance réelle, mais seulement une illusion d'autonomie. Constance du discours matérialiste : la critique de la religion, bien sûr, mais aussi de toutes philosophies qui postulent une transcendance réelle de la vérité des idées ou des valeurs morales et culturelles. »¹³⁰⁹ Ce primat de la connaissance scientifique, seul horizon acceptable pour la pensée humaine semble pouvoir être rapproché de la loi des trois états d'Auguste Comte qui, finalement, au terme de la pensée magique ou religieuse puis métaphysique fait état de la dernière étape à laquelle doit se ranger l'humanité : l'étape scientifique qui exclut les strates antérieures comme autant de béquilles devenues inutiles de la pensée humaine.¹³¹⁰ D'ailleurs, Monod s'y réfère explicitement dans une interview accordée au journal l'Express en mars 1973 : « La réponse que j'essaie de donner, dit-il, n'est

¹³⁰⁷ J. Monod, (1967), p. 15.

¹³⁰⁸ J. Monod, (1967), p. 15.

¹³⁰⁹ A. Comte-Sponville et L. Ferry (1999) p. 21.

¹³¹⁰ A. Comte, *Cours de philosophie positive*, I.

pas nouvelle. Elle a été donnée, par exemple, par Auguste Comte, qui fait de l'homme et de l'humanité le but même, le but moral en soi. »¹³¹¹

La nature n'est pas pensée comme scientifiquement finalisée, en raison du postulat d'objectivité, mais le postulat étant considéré par Monod, comme il le reconnaît dans son fascicule *Notes de bas de pages*, comme également ontologique, cette conception semble bien exclure la possibilité de tout dessein divin sur un plan ontologique. La question est de savoir si Monod a réellement les moyens d'effectuer ce passage des résultats des sciences au fait que l'homme sait, de science sûre, que Dieu est inexistant.

Le matérialisme métaphysique comprend le tout du réel de l'homme et de l'univers, avec pour seule clef de lecture les causes matérielles qui les constituent. Certes, il concède un rôle aux causes efficientes, mais celles-ci s'avèrent, en définitive, être le produit des causes matérielles si bien qu'un déterminisme de la matière en tant que tel, instauré par le simple tri de combinaisons effectuées par hasard, devient non seulement l'ultime explication de l'auto-déploiement du réel mais aussi de tout le réel. Le matérialisme devient métaphysique lorsqu'il renonce également à toute visée éthique autre que conçue comme relevant de principes matériels, et également à toute visée théologique, bien qu'il puisse s'inspirer de l'utilisation de certains des concepts de cette dernière pour « ramener le ciel sur la terre. » Il est notable, à cet égard, que Monod emploie des termes propres à la religion judéo-chrétienne, tout en leur donnant un nouveau sens. Ainsi, au ch. 9, il parle de « royaume », mais il ne s'agit plus du Royaume de Dieu traduit aussi par Royaume des cieux annoncé par le Christ, mais du « Royaume abstrait » de l'évolution des idées qui « transcende la biosphère »;¹³¹² le terme de ténèbres, désigne l'obscurantisme d'avant le siècle des Lumières et aucunement les forces du mal, qualifiée ainsi dans la Bible. Monod parle aussi de « premier commandement, » dont le terme évoque le commandement concernant l'amour que l'on doit à Dieu, que Dieu donna à Moïse¹³¹³ et que le Christ reprend en disant que ce premier commandement est égal au second, qui concerne l'amour que l'on doit au prochain comme à soi-même.¹³¹⁴ On trouve ce choix de terme dans la remarque suivante : « dans un système objectif, dit Monod, toute confusion entre connaissance et valeurs est *interdite*. Mais (et ceci est le point essentiel, l'articulation logique qui associe, à la racine, connaissance et valeurs) cet interdit, ce « premier commandement » (nous soulignons) qui fonde la connaissance objective, n'est pas lui-même et ne saurait être objectif : c'est une règle morale, une *discipline*. »¹³¹⁵ Il est tout

¹³¹¹ *L'Express*, (5-11 mars 1973), pp. 126-150, consultable aux archives de L'Institut Pasteur.

¹³¹² J. Monod (1970), p. 208.

¹³¹³ Bible de Jérusalem, (1975) *Exode*, **20**, 1, p. 104 et *Deutéronome*, **5**, 1, p. 232.

¹³¹⁴ Bible de Jérusalem, (1975) *Matthieu*, **22**, 34, p.1503.

¹³¹⁵ J. Monod, (1970) p. 220.

aussi frappant que Monod emploie le terme biblique d'"alliance". Au ch. 2, il définit celle-ci comme « l'alliance entre la Nature et l'homme »,¹³¹⁶ que conçoit l'animisme, et parle à la fin du ch. 9 d' « ancienne alliance » pour désigner cette croyance d'un lien entre l'homme et la nature. Monod conclut en effet *HN* en ces termes : « L'ancienne alliance est rompue ; l'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'univers d'où il a émergé par hasard. »¹³¹⁷ Nous voyons que Monod entend certainement, en employant ces termes à nouveaux frais, faire table rase, d'une certaine façon, des commandements de la religion judéo-chrétienne pour lui en substituer un nouveau : celui qui est une nouvelle règle morale fondant seule la connaissance objective. Le seul idéal que la nouvelle éthique va définir est celui de la connaissance objective. Ce point de vue discuté, à nos yeux, nécessite d'être, non pas rejeté totalement, mais du moins largement complété : il fera l'objet d'une étude plus approfondie dans le chapitre suivant.

Les épigraphes de Démocrite et de Camus, mis en exergue au début de *HN* soulignent bien ce rejet des dieux ou du Dieu judéo-chrétien. Nous avons déjà présenté l'athéisme de Démocrite. Rappelons que la citation de Camus comporte la référence à Sisyphe qui « enseigne la fidélité supérieure qui nie les dieux et soulève les rochers. » Il est étonnant que Monod, homme de science, choisisse un auteur capable de dire : « Pour l'homme absurde, il ne s'agit plus d'expliquer et de résoudre, mais d'éprouver et de décrire. Tout commence par l'indifférence clairvoyante. »¹³¹⁸ Mais on comprend tout à fait que Monod se soit rendu sensible à l'affirmation selon laquelle « l'absurde naît de la confrontation de l'appel humain avec le silence déraisonnable du monde » ; de là cette autre affirmation : « L'absurde ne mène pas à Dieu. »¹³¹⁹

Un rapprochement s'impose également entre Sartre et Monod. À la fin de *HN*, Monod écrit en effet : « C'est la conclusion à quoi mène nécessairement la recherche de l'authenticité. L'ancienne alliance est rompue ; l'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'univers d'où il a émergé par hasard. »¹³²⁰ Lui font écho de nombreuses occurrences de *L'Être et le Néant* mais dont voici un extrait qui entre en particulière résonance, vu l'identité des termes choisis par les deux auteurs : « J'émerge seul (nous soulignons), dit Sartre, et dans l'angoisse en face du projet unique qui constitue mon être, toutes les barrières, tous les garde-fous s'écroulent, néantisés par la conscience de ma

¹³¹⁶ J. Monod, (1970) p. 49.

¹³¹⁷ J. Monod, (1970) pp. 224-225.

¹³¹⁸ A. Camus, [1942], (2016), p. 131.

¹³¹⁹ A. Camus, [1942], (2016), p. 62.

¹³²⁰ J. Monod, (1970) pp. 224-225.

liberté. »¹³²¹ Ce « J'émerge seul » est repris ici quasi textuellement par Monod au sein de la phrase citée plus haut orchestrée comme conclusion et point d'orgue final de sa philosophie de la nature. Monod sait l'impact philosophique que cette dernière affirmation revêt : par-delà l'étrangeté de l'homme au monde et sa solitude radicale, se trouve suggérée la destruction de toute possibilité de penser la relation de l'homme à un Créateur qui lui donne la vie, et encore moins l'inviterait à participer à sa vie divine.

La seule échappée vers la transcendance pour Monod est la valeur transcendante de la connaissance vraie ; mais celle-ci, qui en est l'horizon, établit finalement la seule réalité du néant. Il est étonnant, par exemple, qu'en se citant lui-même sous le pseudonyme de Mc Gregor, Monod affirme dans *La leçon inaugurale* que « chaque conquête de la science est une victoire de l'absurde. »¹³²² On aurait pu penser que c'était une victoire sur l'absurde, mais ce n'est pas ce que dit Monod.

Le chapitre 9 de *HN* « le Royaume et les ténèbres » traite la question de façon très claire.

« S'il accepte ce message dans son entière signification, il faut bien que l'Homme enfin se réveille de son rêve millénaire pour découvrir sa totale solitude, son étrangeté radicale. Il sait maintenant que, comme un Tzigane, il est en marge de l'univers où il doit vivre. Univers sourd à sa musique, indifférent à ses espoirs comme à ses souffrances ou à ses crimes. »¹³²³ Cette solitude absolue est donc à entendre également au sens d'une absence d'un Créateur. Nous retrouvons cette insistance sur ce savoir de science sûre de l'homme qui « sait » désormais, dans les propos de la phrase finale énonçant que « l'homme sait enfin qu'il est seul, dans l'immensité indifférente de l'Univers d'où il a émergé par hasard. »

L'hypothèse de l'existence de Dieu devient une hypothèse erronée, et cela, au nom d'une assurance, à défaut d'une démonstration, d'ordre scientifique.

DEBAT sur le passage du matérialisme scientifique à un matérialisme métaphysique :

La question est de savoir si Monod a réellement les moyens d'effectuer ce passage des résultats des sciences au fait que l'homme sait, de science sûre, que Dieu est inexistant.

Nous allons, dans un premier temps, mettre en évidence tout de suite qu'il est hors de question de vouloir penser pouvoir faire valoir la position de l'Intelligent Design. Pour autant, nous allons nous attacher à montrer que le passage du matérialisme scientifique au matérialisme métaphysique n'a cependant rien d'automatique.

¹³²¹ J-P. Sartre, [1943], (1980), p. 75.

¹³²² J. Monod (1967), p. 15.

¹³²³ J. Monod (1970), p. 216.

Nous soulignerons en effet, le caractère irrationnel de certaines positions assurées de Monod par le simple usage de l'art de la persuasion, qu'il s'agisse de l'emploi d'arguments d'autorité ou de l'utilisation de jugements non recevables car sans fondement, d'un simple point de vue strictement rationnel. Après avoir démenti ce qui peut apparaître comme un préjugé de Monod concernant ce qu'il nomme une erreur de la part d'une position religieuse et philosophique, nous mettrons en lumière les deux questions proprement philosophiques sur le réel dégagées par Leibniz, à savoir « la première question qu'on a droit de faire sera pourquoi il y a plutôt quelque chose que rien, car le rien est plus simple et plus facile que quelque chose ; de plus, supposé que des choses doivent exister, il faut qu'on puisse rendre raison, pourquoi elles doivent exister ainsi et non autrement. »¹³²⁴ Nous appliquerons ces questions à la question portant sur l'origine de la présence de la matière, puis à la question de son organisation. Nous reconnâtrons, à l'issue, que s'offre à nous un choix métaphysique, selon la démarche innovante de Swinburne, en proposant plusieurs types de modèles réfutables, et nous terminerons avec les perspectives ouvertes sur une vision scientifique du hasard et de la nécessité qui n'est en rien incompatible avec la vision d'un Créateur. Nous terminerons par la nécessité de respecter les niveaux d'analyse, sous peine d'amalgames désastreux pour la pensée.

Comme le fait remarquer Paul Clavier, les explications correctes en biologie ne peuvent donner place à l'hypothèse de l'existence d'un Designer. « On peut avoir de bonnes raisons métaphysiques de postuler l'existence d'un agent surnaturel, souligne-t-il, pour s'expliquer l'existence d'un univers doté de lois stables, dont les conditions initiales permettent le développement d'organismes intelligents capables d'exercer des compétences techniques et morales particulièrement développées. Mais ces raisons, si bonnes soient-elles, ne constituent pas des explications correctes en biologie. Elles introduisent un corps étranger, parce que surnaturel, dans la méthodologie des sciences de la nature. (...) L'hypothèse de l'*Intelligent Design* n'est cohérente que si elle repose sur l'existence d'un Designer, or ce designer est une entité métaphysique qui n'est à sa place ni en biologie ni en cosmologie. »¹³²⁵ Si donc la thèse de l'intelligent design est refusée scientifiquement, au sens où il est impossible de produire la preuve d'une action de Dieu au cœur d'une recherche scientifique expérimentale, la démarche métaphysique qui remonte, par induction, comme le fait Leibniz, à la possibilité d'un Créateur ou à l'aide de l'élimination de modèles plus réfutables que d'autres, comme le pratique de façon tout à fait nouvelle Swinburne, est tout à fait légitime, sur un autre plan.

¹³²⁴ G. W. Leibniz, (1996), [1712] p. 228.

¹³²⁵ P. Clavier, (2012), *Qu'est-ce que le créationnisme ?* p. 103.

On a pris la mesure de l'assertion de Monod selon laquelle « il est impossible d'imaginer une expérience qui pourrait prouver la *non-existence* d'un projet, d'un but poursuivi, où que ce soit dans la nature. »¹³²⁶ De là, la non-pertinence de la question de Dieu dans le champ de la science. Et en cela, Monod ne fait que décrire les conditions de recevabilité d'une démarche scientifique. Mais une science, ou plus exactement une théorie scientifique par l'un de ses représentants, ici Monod, a-t-elle le droit d'affirmer avec certitude l'absence de tout projet à l'origine de l'univers ? À l'évidence, Monod reconnaît que non, car il le dit lui-même, il est impossible de démontrer l'inexistence du finalisme, étant dans l'impossibilité d'imaginer une expérience qui prouverait la non-existence d'un projet. De là à établir une conception de l'homme et de l'univers qui rejette toute hypothèse d'un Être transcendant qui lui donne d'exister, ce n'est pas le matérialisme scientifique en tant que tel qui peut permettre de le déduire. Cependant, pour Monod, ce qui n'est pas testable scientifiquement ne peut relever d'aucune justification rationnelle. Monod ne confond-il pas les plans en récusant toute possibilité d'analyse métaphysique du statut de la matière, au nom du matérialisme scientifique ? C'est sans doute cela qu'il s'agit de discuter et de mettre en cause.

Monod utilise soit la persuasion, plus qu'une démonstration solide pour se poser en athée, en se mettant sous l'autorité de Démocrite et de Camus, soit des arguments très controversés.

Madeleine Barthélémy-Madaule met l'accent sur le rôle rhétoriquement persuasif des épigraphes, venant confirmer une vision athée sans véritablement pouvoir la justifier sur un plan scientifique. « Que viennent faire ces épigraphes ? » s'interroge-t-elle. « Que vient nous enseigner Sisyphe avec sa négation des dieux ? J'entends : ce sont des idées « suggérées » par la science, sous la responsabilité de l'auteur. Mais je croyais avoir lu, à la fin du livre, que la morale, la politique, bref l'idéologie était désormais accordée à l'objectivité. Que vient faire une idée suggérée c'est-à-dire non vérifiée ? Que vient faire un athéisme ontologique et non point seulement épistémologique ? »¹³²⁷ Et celle-ci de conclure : « Par-delà les exposés scientifiques, ce sont les épigraphes qui, secrètement agissent dans le discours. »¹³²⁸ À cet égard, Monod, devant l'impossibilité de récuser l'existence de Dieu, emploie d'une certaine façon l'art de la suggestion, à travers une sorte d'arguments d'autorité sous l'égide de ces deux auteurs. Cette suggestion revient à soutenir qu'il est raisonnable de se passer de l'idée de Dieu.

¹³²⁶ J. Monod (1970) p.38.

¹³²⁷ M. Barthélémy-Madaule (1972) p. 28.

¹³²⁸ M. Barthélémy-Madaule (1972) p. 32.

Un autre procédé rhétorique au service de la persuasion s'opère dans la phrase déjà citée : « L'ancienne alliance est rompue. »¹³²⁹ Certes, pour le lecteur du ch. 2, il s'agit bien de l'alliance animiste entre l'homme et la nature désormais rompue. Mais pour un lecteur nourri de civilisation judéo-chrétienne, surtout venant d'être jugée dépassée, il ne peut pas ne pas y voir également une allusion à l'alliance de Dieu avec les hommes conclue avec les patriarches de l'Ancien testament, surtout, vu le contexte que nous avons signalé dans l'exposé qui précède, où les termes mêmes de commandement et de Royaume sont repris et employés dans un sens différent.

Lorsque Monod s'empare de la vision démocratéenne de la matière et la met en exergue de *HN*, il opte résolument pour une métaphysique matérialiste en faisant le choix d'une philosophie où le départ entre une culture scientifique et une culture philosophique et métaphysique n'était peut-être pas encore assez effectué. Ce qui ne rend pas la tâche facile pour démêler ce qui relève de la science et ce qui relève de la métaphysique. La position de Monod concernant *HN* est tout d'abord et intrinsèquement une position scientifique. Là où la considération scientifique se transmue en considération métaphysique, c'est si ces deux principes, que sont le hasard et la nécessité, ont à eux seuls pour vocation non seulement d'expliquer l'ensemble de toute la complexité du réel mais aussi d'en rendre compte dans son être même.

En effet, le problème est quand ce matérialisme scientifique devient un matérialisme au sens strictement métaphysique et pourtant ce passage n'a rien rationnellement ni raisonnablement d'inéluctable. La découverte du hasard dans le domaine moléculaire et de sélection naturelle comme moteur de l'évolution fait basculer Monod en faveur de l'athéisme. Pourtant, la découverte de la sélection naturelle chez les organismes par Darwin ne préjuge en rien, jusqu'à un certain point, à ses yeux, de l'existence ou non de Dieu : Darwin se dit agnostique. En ce sens, Darwin lui-même avait bien compris que le processus évolutif qui l'anime n'est pas incompatible avec la création, puisque ce processus n'affecte pas le même plan que celui de la création. Darwin écrit dans *l'Origine des espèces* que la renonciation au fixisme n'entame pas pour lui l'hypothèse d'un Créateur : « Certains auteurs éminents semblent pleinement satisfaits de l'hypothèse que chaque espèce a été créée d'une manière indépendante. A mon avis, il me semble que ce que nous savons des lois imposées par le Créateur s'accorde mieux avec l'hypothèse que la production et l'extinction des habitants passés et présents du globe sont le résultat de causes secondaires [...] Lorsque je considère tous les êtres, non plus comme des créations spéciales, mais comme les descendants en ligne

¹³²⁹ J. Monod, (1970), p. 224.

directe de quelques êtres qui ont vécu longtemps avant que les premières couches du système silurien aient été déposées, ils me paraissent anoblis. »¹³³⁰ Et tout à la fin de ce célèbre ouvrage, il fait remarquer : « N'y-a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie avec des puissances diverses insufflées primitivement à un petit nombre de formes, ou même à une seule ? »¹³³¹ Nous voyons que Darwin pense possible de concevoir un créateur, si même il se dit agnostique auprès de son entourage. Aussi, de la part de Monod, pourquoi avoir franchi le pas de l'athéisme ? S'opère en effet une véritable rupture entre le fait de dire que l'on ne sait pas et le fait de dire : « L'homme sait enfin qu'il est seul »¹³³² Au nom de quel saut de plus dans la pensée, Monod rejette-t-il la croyance en un Créateur ? Apparemment aucun, seule peut-être en raison d'une assurance plus grande, confortée par la philosophie de Camus et de Sartre, mais surtout, à notre avis, en raison d'un empiétement des plans de réflexion : l'attitude du matérialiste scientifique tout à fait légitime dépasserait tout à coup son domaine de compétence en s'affirmant, en vertu de ce matérialisme scientifique méthodologique, métaphysicien naturaliste sans voir qu'une autre réflexion rationnelle pourrait aussi bien se justifier : il s'y opère insensiblement comme une forme d'annexion de la pensée d'un domaine à un autre, ce qui constitue une forme de concordisme, puisque les plans ne sont pas distingués et que le matérialisme scientifique annexe en quelque sorte tous les autres plans de réflexion possibles. Seul le champ d'investigation scientifique est considéré comme capable de donner des réponses et de résoudre les problèmes que soulèvent la nature, l'homme et l'univers.

Par ailleurs, Monod émet un jugement à l'encontre des hommes religieux qui s'avère être plus un préjugé qu'un véritable argument : le fait que les hommes religieux se pensent nécessaires. Ceci se trouve dans le passage où Monod soutient que « toutes les religions, presque toutes les philosophies, une partie même de la science, témoignent de l'inlassable, héroïque effort de l'humanité niant désespérément sa propre contingence. »¹³³³ En ce sens, une remarque venant d'un clerc à Monod, plus connu pour son action humanitaire que pour ses vues de philosophe et de théologien, fait état de sa surprise devant ce qu'il considère aux antipodes de la conception religieuse. Les religions attestent de la contingence du créé, contrairement à l'affirmation de Monod selon laquelle les religions ont pour objet un discours visant à nier la contingence de l'homme et à le rendre en quelque façon nécessaire. Il s'agit d'une observation critique de l'Abbé Pierre dans sa lettre à Monod datant du 4 mars 1971 reposant précisément sur l'analyse de la relation du créé au principe créateur : « Un paragraphe me stupéfie, dit-il, il

¹³³⁰C. Darwin, (2009) [1859] *L'origine des espèces*, p. 293.

¹³³¹ C. Darwin, (2009) [1859] *L'origine des espèces*, p. 294.

¹³³² J. Monod (1970), p. 224.

¹³³³ J. Monod (1970), p. 63.

est si radicalement non objectif. Toutes les religions, dites-vous, témoignent de l'effort de l'humanité niant sa propre *contingence* (mis en italique par l'Abbé Pierre). »¹³³⁴ On a cité effectivement plus haut le passage de la fin du chapitre 2 de *HN*.¹³³⁵

L'abbé Pierre, dont l'analyse est proprement ici, métaphysique et religieuse, riposte, avec une sorte d'indignation : « Quelle illusion ! C'est de l'Éternel, et non de l'humanité que la foi affirme la non- contingence. De l'humanité au contraire la foi affirme qu'elle n'existe, ainsi que tout être particulier, que par un acte absolument non nécessaire du seul Suffisant, l'Éternel. Éternel Seul totalement suffisant parce qu'étant tout Amour : Père, en l'expression de Lui-même qu'avec nos balbutiements, nous appelons Sa parole, et Son Verbe, et, avec nos balbutiements encore, Esprit, Vie et Mouvement comme un souffle du Père et du Verbe s'aimant. »¹³³⁶ Nous voyons ici le lien entre une culture métaphysique et la culture venant des paroles acceptées, par un être humain, de la source inédite de la Révélation.

Celui-ci souligne que la reconnaissance de la contingence face à l'être nécessaire, le seul être dont l'essence est d'exister, relève bien d'une analyse de la raison qui envisage la différence ontologique radicale entre le Créateur nécessaire et la création et tous les êtres créés, l'homme y compris, qui sont, par nature, tout à fait contingents.

Cette réserve mise à part, il est évident que tenir ensemble, les principes de hasard et de nécessité sur un plan scientifique, comme le fait Monod, ne présente aucune difficulté d'ordre conceptuelle ou rationnelle. C'est bien plutôt leur maintien exclusif comme seul horizon d'une métaphysique qui est en question ici et qui fait problème. Il serait alors à craindre un raisonnement syllogistique inexact de cet ordre, qui est en fait plutôt un paralogisme :

La métaphysique entendait donner les raisons de l'existence du vivant et du monde.

Or, la science du vivant donne, par le hasard et la nécessité, les raisons explicatives du vivant et du monde.

Donc, la science du vivant devient exclusivement le seul système opératoire capable de produire un discours sur l'ensemble du réel, considérant dans son ensemble vivant et univers. Nous voyons là que ce type de raisonnement ne peut être syllogistique du fait que les raisons explicatives de la science ne donnent pas précisément les raisons de l'existence des êtres vivants. La conviction de Monod reposerait dès lors sur un amalgame entre le rôle qui revient aux sciences d'expliquer les enchaînements causaux naturels et la tâche qui relève de la métaphysique de rendre compte du fait même d'exister, pour tout ce qui existe. Monod

¹³³⁴ Abbé Pierre, lettre du 4 mars 1971, éd. Kimé, p. 186.

¹³³⁵ J. Monod (1970), p. 63.

¹³³⁶ Abbé Pierre à J. Monod, lettre du 4 mars 1971, éd. Kimé p. 186.

souscrirait encore sans doute à ce type de raisonnement, encore plus bref : La biologie seule peut rendre compte du vivant. Or, c'est la métaphysique qui prétendait rendre compte du vivant. Donc, la biologie doit supplanter la métaphysique. En fait nous voyons qu'il y a une distinction philosophique importante entre expliquer et rendre compte ou rendre raison de quelque chose. Ceci représente deux visées complémentaires face au réel, la première, propre aux sciences, la seconde, propre à la métaphysique. En annexant à son champ de compétence ce qui relève d'une réflexion qui la dépasse car ne s'exerçant pas au même plan de réalité, Monod ne sort-il pas hors des frontières de son domaine ? Ne risque-t-il pas d'exercer une forme de tyrannie, au sens pascalien du terme, si l'on se souvient que pour Pascal « la tyrannie consiste au désir de domination, universel et hors de son ordre »¹³³⁷ ? Et encore : « La tyrannie est de vouloir avoir par une voie ce qu'on ne peut avoir par une autre. »¹³³⁸ C'est le risque que court tout scientisme qui voit en la science la clé de toute explication en professant que la science peut tout expliquer ; or, que le monde existe n'est pas explicable par la science, peut-on lui objecter ; donc, il faut en conclure que tout ne relève pas d'une explication scientifique.

D'où la nécessité d'instaurer une ligne de partage entre les différents champs de la réflexion humaine qui autorise chacun des domaines de pensée à ne pas empiéter sur le terrain d'un autre. En ce sens Gould parle de l'instauration possible d'un principe de non empiètement des magistères nommé sous l'abréviation NOMA, sigle en anglais pour désigner *Non-Overlapping of Magisterias*.¹³³⁹ Cette mise au clair d'indépendance mutuelle du domaine de la science et de celui de la métaphysique peut se justifier par la distinction classique entre la science qui, dit-on s'occupe du comment, en décrivant les phénomènes, et il est vrai aussi, du pourquoi, en cherchant à trouver les causes des phénomènes, alors que la métaphysique s'occupe du « pour quoi », c'est-à-dire s'attache à répondre la question : dans quel but ? Autrement dit, comme le dit Cédric Grimoult, « les scientifiques expliquent les phénomènes, mais n'ont pas vocation à en déduire le sens de l'existence humaine. »¹³⁴⁰

Ce que Monod semble ne pas considérer, c'est que le recours à la transcendance n'exige pas une ascèse « objective », pour reprendre les termes du passage de *La leçon Inaugurale* que nous avons cités : car si ce principe transcendant est réellement conçu comme tel et obéit strictement à sa définition, il ne peut, en aucun cas, faire nombre avec le monde des objets. Il

¹³³⁷ B. Pascal, *Les Pensées*, 58, p. 506.

¹³³⁸ B. Pascal, *Les Pensées*, 58, p. 507.

¹³³⁹ S. J. Gould, *Et Dieu dit : que Darwin soit ! Science et religion enfin en paix ?* Paris, Seuil, 2000, p. 19. Et aussi : « Non overlapping of magisterias » *Natural History* 106, mars 1997. Voir aussi *Rocks of Ages* (1999) (New York, Ballantine, 1999).

¹³⁴⁰ C. Grimoult, *Créationnismes, mirages et contrevérités*, CNRS éditions, Paris, 2012.

exige cependant une autre lecture du réel tout aussi rationnelle, qui entend penser un fondement à l'ensemble des causes naturelles objectives. Ce principe rendrait celles-ci tout simplement objectivables avant d'être simple objet scientifiquement soumis à l'analyse. Il y aurait ainsi deux types de lecture du réel, non exclusives l'une de l'autre, l'une interprétant les mécanismes selon le hasard et la nécessité, l'autre voyant dans ces mêmes réalités la présence d'un Dieu à l'œuvre.

Une visée métaphysique qui, au contraire, fait intervenir un autre type de réel pensant que tout n'est pas éclairé par le matérialisme scientifique de la science a pourtant rationnellement des arguments capables de légitimer son point de vue. Si la position de l'intelligent Design est contestable car elle veut introduire la présence d'un concepteur intelligent au cœur de l'explication scientifique, cela ne vient pas remettre pas en cause la libre recherche métaphysique de l'homme s'étonnant devant la présence même des choses, et non devant les choses elles-mêmes, devant le fait, comme le dit Leibniz, qu'« il y ait quelque chose plutôt que rien. »¹³⁴¹

Cette visée peut porter tant sur la question de l'origine de ce qui est, que sur le fait que la matière contienne virtuellement la capacité d'une telle puissance d'organisation. Si la matière revêt une certaine orientation, il est, en effet, là aussi, permis d'y envisager l'action d'une intelligence supérieure qui la guide et l'oriente.

Pour commencer par le traitement de la première question, l'analyse menée au XVIIIe siècle par Leibniz dans l'écrit *Sur l'origine radicale de choses* garde actuellement tout son poids et sa valeur.

En effet, pour introduire la réflexion d'ordre métaphysique concernant la question de l'origine de la présence de l'ensemble des êtres de la nature, Leibniz les compare au livre de géométrie d'Euclide recopié à des millions d'exemplaires mais dont on n'arrivera jamais à la raison complète de l'existence. « Imaginons, dit-il, que le livre des *Eléments géométriques* aient existé de toute éternité, toujours recopié d'un exemplaire à l'autre : à l'évidence, bien qu'on puisse rendre raison du livre présent par un livre précédent, sur lequel il a été copié, on n'atteint pas cependant, quel que soit le nombre de livres auquel on puisse remonter, la raison complète pour laquelle de tout temps de tels livres ont existé, c'est-à-dire la raison de l'existence des livres, et des livres rédigés comme ils sont. »¹³⁴² Cet exemple peut particulièrement éclairer l'utilité de la recherche métaphysique qui cherche premièrement la raison de l'existence des choses, en insistant sur la notion de « raison complète ». La notion de « raison suffisante », utilisée par Leibniz, est reprise par Auguste Etcheverry qui met l'accent

¹³⁴¹ Leibniz, [1712], (1996), p. 228.

¹³⁴² Leibniz [1697], (1984), p. 42.

sur cette exigence d'ordre rationnelle : « La création n'est pas un fait d'expérience, mais une exigence d'ordre rationnel. L'explication dernière de l'univers ne soulève pas une question d'origine dans le passé, mais de raison suffisante pour le présent ». ¹³⁴³ Leibniz en effet, se sert du « *grand principe*, peu employé communément, qui porte que *rien ne se fait sans raison suffisante*, c'est-à-dire que rien n'arrive, sans qu'il soit possible à celui qui connaîtrait assez les choses, de rendre une raison qui suffise pour déterminer pourquoi il en est ainsi et non pas autrement. » ¹³⁴⁴ Selon la même perspective, la position du biologiste Arthur Peacocke ¹³⁴⁵ à cet égard est intéressante car elle dit qu'à tout prendre, la matière peut bien être éternelle ou non, ce qui est important, c'est de considérer la relation éternelle ou de toujours à toujours de Dieu au monde : « *The postulate of God as creator of all-that-is is not, in its most profound form, a statement about what happened at a particular point in time. To speak of God as creator is to postulate about a perennial or eternal relation of God to the world.* »

Sous ce rapport, et en dépit des fortes critiques de risque effectif chez Teilhard de trop "physicaliser" le déploiement divin, erreur qui peut faire déraiper Teilhard vers, il est vrai, un certain animisme, auquel Monod se montre particulièrement sensible, il est tout à fait possible de situer Teilhard dans cette tradition qui affirme que Dieu « fait » moins les choses qu'il ne les « fait se faire. » ¹³⁴⁶ Dans cette conception, le transformisme, loin de nuire à la création, ne la rend ni moins essentielle, ni moins universelle, ni moins intime. Monod critique l'animisme, nous l'avons vu, à l'encontre même de Teilhard mais faut-il, au nom de cette critique de l'animisme, en venir à critiquer comme impossible la possibilité d'un Créateur ?

Or, Teilhard lui-même exprime, et cela est assez méconnu, cette conception de la transcendance de Dieu et montre en termes forts, dans la conclusion *des Fondements et le fond de l'idée d'Évolution* de 1926, combien l'acte de création n'est pas du même ordre que celui de l'évolution. « Être créé pour l'Univers, c'est se trouver dans cette relation "transcendantale" vis-à-vis de Dieu qui le rend secondaire, participé, suspendu au divin, par les moelles mêmes de son être. » ¹³⁴⁷ Dans cette perspective, la matière est à son rang de nature créée et le principe créateur, même s'il lui est immanent en tant que source informante, la transcende totalement et lui reste radicalement et foncièrement distinct. En ce sens, penser une cause première revient à poser une Cause des causes. Cause qui donne la possibilité aux causes secondes d'être des causes. Comme l'explique Teilhard : « Là où c'est Dieu qui opère, il nous est toujours possible (en restant sur un certain niveau) de n'apercevoir que

¹³⁴³ A. Etcheverry, (1955), *Le conflit actuel des humanismes*, p. 61.

¹³⁴⁴ Leibniz, 1996, [1712], p. 229.

¹³⁴⁵ A. Peacocke, (1986) *God and the new Biology*, p. 95.

¹³⁴⁶ D. Lambert, (1999) cite p. 56 : « Teilhard : « Note sur les modes de l'action divine dans l'Univers », dans *Œuvres complètes de Teilhard de Chardin*, t. X, *Comment je crois*, Paris, Seuil, 1969, pp. 34-45.

¹³⁴⁷ P. Teilhard de Chardin, (1969) *Œuvres complètes*, t. III p. 188.

l'œuvre de la nature (...). La cause première ne se mêle pas aux effets : elle agit sur les natures individuelles et sur le mouvement de l'ensemble. Dieu, à proprement parler ne fait pas. Il fait que se fassent les Choses. »¹³⁴⁸ Ou bien, comme le fait encore remarquer Teilhard, il convient de distinguer le phénoménal de l'ontologique. Cela implique de distinguer la question du commencement et celle de la dépendance ontologique de l'univers. Cela invite à affirmer qu'il faut distinguer aussi la dépendance de la création d'avec un « début temporel enregistrable », fruit, dit-il, d'une « contamination illégitime du plan phénoménal par le plan métaphysique ».

En effet, que notre espèce et notre durée aient un commencement, cela n'a rien à voir avec une opération créatrice dont le propre est de porter sur la totalité de l'espace et du temps. La véritable question métaphysique est celle de la dépendance ontologique ou non de la matière à un principe qui la fonde et lui donne d'exister. C'est tout le poids que revêt l'analyse leibnizienne dans le passage cité de l'écrit *De l'origine radicale des choses*.

C'est la notion de création comme relation de dépendance ontologique de la création vis-à-vis d'un créateur, très bien mise en lumière par A-D Sertillanges¹³⁴⁹, que nous avons eu l'occasion de développer assez largement en deuxième partie. L'analyse thomiste est très claire sur ce point en ce qu'elle distingue parfaitement en quoi un même fait peut-être attribué au Créateur et à une cause naturelle : « Il est évident que le même effet n'est pas attribué à la cause naturelle et au pouvoir divin comme s'il était produit en partie par Dieu et en partie par l'agent naturel ; mais il est produit tout entier par l'un et l'autre, selon un mode différent, tout comme le même effet est attribué tout entier à l'instrument et tout entier à l'agent principal. »¹³⁵⁰

Cette question de la cause première dans son rapport aux causes secondes, comme faisant les causes se faire, ne peut être résolue par le matérialisme scientifique car elle n'est pas testable scientifiquement. Elle relève nécessairement d'un autre type de raisonnement appartenant à la métaphysique.

C'est pourquoi, dans sa thèse, Delsol peut faire remarquer : « Nous considérons que les finalistes du XX^e siècle apparaissent comme des philosophes estimant qu'il y a dans le monde vivant des forces s'opposant au hasard et canalisant les chemins de l'évolution. Ces forces ne peuvent donc pas être reconnues par la science ; elles ne lui appartiennent pas ; elles échappent à son domaine de recherche. »¹³⁵¹ Cette déduction pourrait être contestée car la notion de force ne revêt-elle pas aussi nécessairement un caractère scientifique ? Si elles échappent à la science, pourra-t-on encore parler de forces ? Si la notion de force ne

¹³⁴⁸ P. Teilhard de Chardin, (1969) *Œuvres complètes*, t. X, p. 38.

¹³⁴⁹ A-D. Sertillanges, (1945) *L'idée de création et ses retentissements en philosophie*.

¹³⁵⁰ Saint Thomas d'Aquin, (1999) *Somme contre les gentils*, III, 70, pp. 249-250.

¹³⁵¹ M. Delsol, thèse, p. 16.

s'applique peut-être pas, car c'est un terme encore trop physique qui est, de ce fait, sans doute mal choisi, il reste que la pensée d'une énergie divine, au sens d'une force toute spirituelle, qui nous échappe, relevant d'un créateur, reste plausible.

L'autre question leibnizienne porte sur l'organisation elle-même de la matière. Quelle est la cause de cette puissance d'organisation de la matière et comment se fait-il que l'organisation soit telle ?

La considération de l'argument métaphysique « physico-théologique » critiqué par Kant dans la *Critique de la raison pure*¹³⁵², puisque pouvant être ramené à la preuve ontologique jugée impuissante, reste à considérer cependant sous un certain aspect. Kant dégage un concept qui est la « cause suprême », concept qui, selon Kant, « n'est soumis à aucune contradiction, et qui est même avantageux, au point de l'extension de l'usage de la raison au milieu de l'expérience, parce qu'une pareille idée nous dirige vers l'ordre et la finalité, sans jamais être ouvertement contraire à une expérience. »¹³⁵³ « Cette preuve, avait dit Kant, pourrait tout au plus, démontrer un *architecte du monde*, qui serait toujours très limité par la capacité de la matière qu'il mettrait en œuvre, mais non un *créateur du monde*, à l'idée duquel tout serait soumis. »¹³⁵⁴ Celui-ci ne permet de conclure qu'à un « arrangeur », comme le nomme Paul Clavier, pour nommer autrement cette « cause » qualifiée de « proportionnée »¹³⁵⁵ par Kant. Or, Paul Clavier fait remarquer que la probabilité que la matière se prête à un arrangeur est quasi-nulle. « Cependant la probabilité que la matière, supposée exister d'elle-même ou par une cause indépendante de cet arrangeur, se prête à un tel arrangement, serait nulle. On peut donc avoir une bonne raison de réclamer une cause de l'existence des choses, qui les dispose, elle-même, à un tel arrangement ; ainsi, l'argument physico-théologique, par son insuffisance même, fournit une prémisse supplémentaire à l'argument cosmologique. (...) Si l'on veut expliquer la réalisation d'un monde aux constituants réguliers, régis par des lois d'interactions uniformes où interviennent des constantes universelles, il est bien plus rationnel (parce que plus plausible), d'attribuer à ce *Weltbaumeister* - hypothèse d'un dieu architecte selon Kant - non seulement l'élaboration mais déjà la production même de la matière. C'est l'argument qui semble le plus approprié pour donner au concept de création une justification rationnelle et non la couleur d'une obédience confessionnelle. »¹³⁵⁶ C'est la considération de ce caractère de

¹³⁵² E. Kant, [1781] (1980) p. 440-446.

¹³⁵³ E. Kant, [1781] (1980) p. 442.

¹³⁵⁴ E. Kant, [1781] (1980) p. 444.

¹³⁵⁵ E. Kant, [1781] (1980) p. 444.

¹³⁵⁶ P. Clavier (2011), *Ex Nihilo*, vol. 2, p. 171.

la matière plus organisable par celui qui l'a produit que par celui qui ne fait que l'arranger qui fait pencher ici rationnellement vers la plausibilité d'un Créateur.

La question est effectivement de savoir d'où vient que la matière ait des propriétés telles qu'elle permette de faire surgir des êtres vivants.

De plus, en tout état de cause, est-il possible qu'une matière capable de construire des êtres intelligents ne soit elle-même que le fruit du néant et du hasard. Cela n'est-il pas, en un sens, absurde de penser cela ? Il est impossible de ne pas s'étonner de ce fait et il convient de se demander également pourquoi il existe une matière capable de faire des êtres qui jugent l'univers lui-même et qui, avec leur intelligence, lui pose des problèmes. Comme le propose Michel Delsol, « si dans ces conditions, la vie s'est constituée, si cette vie a donné des hommes et des êtres conscients, capables de se poser des questions sur leur origine et leur destin, capables de juger l'univers lui-même, cela veut dire que la matière qui compose l'univers est organisée de façon telle qu'elle possédait en elle-même la possibilité de constituer par le seul jeu de ses propres lois ces êtres conscients que sont les hommes. Une fois encore, il faut rappeler qu'avec le temps seul le possible arrive. »¹³⁵⁷

L'éclairage métaphysique qui tente de donner une solution à l'existence de la matière par la vie et non l'inverse ne contredit en rien le matérialisme scientifique, car elle se situe sur un plan métaphysique. En effet, si la matière fait bien naître la vie, on peut aussi métaphysiquement se demander si fondamentalement ce n'est pas la Vie qui fait surgir la matière, la vie au sens de source ultime de tout ce qui est. Pattee, par exemple, tente d'inverser cette question qui consiste à vouloir expliquer la vie par la matière, en tant que telle, en tentant plutôt de conférer à la vie la fonction de justifier l'existence de la matière elle-même : « Et si l'on tentait, se demande-t-il en effet, d'expliquer la matière par la vie et non plus la vie par la matière ? »¹³⁵⁸

La rationalité de cette perspective peut se voir compléter par le point de vue « mystique », au sens où Bergson entend ce terme dans *Les Deux Sources*, développé au paragraphe « Création et amour ». Questionnement qui va au-delà d'un simple déisme puisque la présence d'un être personnel et aimant se voit envisagée. Bergson se demande en effet avec le mystique si « l'univers n'est pas la face visible et tangible de la force invisible d'un amour à l'œuvre. »¹³⁵⁹

¹³⁵⁷ M. Delsol,

¹³⁵⁸ H.H. Pattee, « La vie peut-elle expliquer la mécanique quantique ? », dans *Quantum theory and Beyond*, Ted Bastin, ed Cambridge university Press, 1971.

¹³⁵⁹ H. Bergson, [1932], (2000), p. 271.

Comme le confie avec enthousiasme Levinas, dans *Totalité et infini*, « la merveille de la création (...) aboutit à un être capable de recevoir une révélation, d'apprendre qu'il est créé et à se mettre en question. Le miracle de la création consiste à créer un être moral. »¹³⁶⁰ ; et aussi : « La grande force de l'idée de création, telle que l'apporta le monothéisme, dit-il, consiste en ce que cette création est *ex nihilo* non pas parce que cela représente une œuvre plus miraculeuse que l'information démiurgique de la matière, mais parce que, par-là, l'être séparé et créé n'est pas simplement issu du père, mais lui est absolument autre. »¹³⁶¹ La transcendance de Dieu est telle qu'il ne fait pas nombre avec ses créatures.

Ce qui fait apparaître très clairement que l'athéisme ou la croyance en un Dieu créateur relève d'un choix, d'une option métaphysique, selon ce qui paraît le plus plausible à l'intelligence. Selon une perspective très innovante, le philosophe analytique Swinburne propose une méthode de questionnement qui ne rende plus irréfutable la question de Dieu, par la mise en examen de toute une série d'hypothèses selon ce que Dieu et l'univers pourraient être ou ne pas être. Après avoir réouvert la voie de la métaphysique, en déboutant, par une critique audacieuse, le principe de causalité tel qu'il est énoncé par Kant, dont la conception héritée de Hume, barrait la voie à une recherche de l'Inconditionné,¹³⁶² il propose des voies nouvelles d'exploration : en particulier la réflexion à partir des lois de la nature et de la notion de personne. Questionnement qui permet de décider, à nouveaux frais, de façon la plus rationnelle et la plus plausible possible, en faveur ou non d'un principe Créateur. Swinburne pense que nous sommes devant un triple choix métaphysique, une fois la position du matérialisme scientifique établie : « Il nous faudra bien reconnaître une réalité ultime, toute la question métaphysique étant de savoir qu'elle est cette réalité. Il semble que nous disposions de trois possibilités d'explication ultime. L'une d'elle est le matérialisme. C'est la théorie qui prétend que l'existence et le fonctionnement de tous les facteurs impliqués par l'explication en termes de personne sont complètement expliqués par l'inanimé. La deuxième serait l'humanisme selon laquelle l'existence de la personne ne peut être expliquée en termes d'objet inanimé. La troisième est le théisme : Dieu maintient à chaque instant dans l'existence les objets de notre univers et garantit l'exécution des lois de la nature. »¹³⁶³ Face aux lois de la nature, deux options se proposent : « Pour le matérialiste, il ne saurait y avoir d'explication au fait que ce soit précisément ces lois. Pour le théiste, Dieu a des raisons de produire ces lois

¹³⁶⁰ E. Levinas *Totalité et infini*, p. 61.

¹³⁶¹ E. Levinas, *Totalité et infini*, p. 35

¹³⁶² R. Swinburne, (2015), p. 20 à 40.

¹³⁶³ R. Swinburne, (2009), p. 44

puisque ces lois entraînent finalement l'évolution des animaux et des hommes. »¹³⁶⁴ Option métaphysique qui défie les siècles et les cultures et qui, par son caractère rationnel et raisonnable, reste plus que jamais à l'ordre du jour en ce début du XXI^e siècle.

Ce libre choix est l'œuvre quelquefois de toute une vie. Ce qui est très méconnu concernant la position de Sartre, que nous avons apparentée à celle de Monod, est que, dans les dernières années de sa vie, Sartre va penser le caractère impensable de l'affirmation selon laquelle nous ne sommes que le produit du hasard. Il va jusqu'à se penser comme « attendu ». « Moi, je me sens non pas comme une poussière apparue dans le monde, mais comme un être attendu, provoqué, préfiguré. Bref, comme un être qui ne semble pouvoir venir que d'un créateur ; et cette idée d'une main créatrice qui m'aurait créé me renvoie à Dieu. »¹³⁶⁵

Ce retournement surprenant est confirmé en mars 1980, un mois avant sa mort, par ces mêmes propos tenus dans *le Nouvel Observateur* où se trouve publiée une série d'interviews, menées par l'un de ses amis Pierre Victor, que ce dernier relatera plus tard dans son ouvrage *L'espoir maintenant : les interviews de 1980 : un dialogue avec J.-P Sartre*. Nous trouvons réaffirmé en effet par Sartre : « Je ne pense pas être le résultat d'un pur hasard de simple poussière de l'univers, mais plutôt quelqu'un qui a été attendu, préparé. En bref, un être que seulement un créateur aurait pu créer ; et cette idée d'une main créatrice se réfère à Dieu. » Cette dernière méditation de Sartre passe complètement inaperçue et pourtant, le choix décisif de revenir sur l'ensemble de son œuvre a quelque chose de très audacieux, si nous la confrontons au reste de son œuvre. Certes, Sartre devait mesurer l'intrépidité de ce dernier aveu mais l'extrait cité suffit à montrer le changement opéré. Ces paroles sont attestées et comme confirmées dans leur authenticité par l'effarement de Simone de Beauvoir qui se lit dans *La cérémonie des Adieux*. Celle-ci se dit « consternée » par ces propos et ajoute que tous ses amis et toute l'équipe des *Temps modernes* partagent sa consternation.¹³⁶⁶

Ce revirement est digne d'intérêt chez un penseur qui n'a cessé de penser la contingence de l'être au monde.

Mais alors comment la vision scientifique du hasard et de la nécessité peut-elle être conciliable avec une vision théiste ?

Miller, dans son ouvrage *A la recherche du dieu de Darwin* dialogue avec de nombreux auteurs sur cette question, et c'est pourquoi, nous pensons que cet ouvrage est une mine de références pour envisager cette problématique assez ardue.

¹³⁶⁴ R. Swinburne, (2009), p. 64.

¹³⁶⁵ J.-P. Sartre [1974] (1981), p. 551.

¹³⁶⁶ S. de Beauvoir (1981), p. 150.

John Polkinghorne, cité par Miller, souligne la nature éternelle de Dieu qui transcende le temps, énonçant aussi par là qu'il en est donc le maître. C'est en raison de cette position extra-temporelle qu'il explique la possible action divine dans l'espace-temps. « Un être éternel, présent partout et toujours, n'aurait aucun mal à modifier ce que les physiciens appellent le continuum de l'espace-temps de façon à affecter profondément les événements. Cantonnés en un seul point de l'espace et nous déplaçant sur une voie unique qui mène du présent à l'avenir, nous n'en aurions pas le moindre soupçon. Et Dieu, le Créateur de l'espace, du temps, du hasard et de l'indétermination, exercerait le degré de contrôle exact qu'il aurait choisi. »¹³⁶⁷

Cette vision est rationnellement envisageable dans le contexte de l'évolution, comme le fait remarquer Yann Barbour, cité de nouveau par Miller, pour la raison déjà avancée dans notre seconde partie, qui est que le hasard lui-même peut faire partie d'un des éléments de la création : « Les lois naturelles et le hasard peuvent à parts égales être les instruments des intentions divines. Il peut y avoir dessein sans plan prédéfini bien précis. Étant donné la capacité de l'évolution à adapter, innover, elle aurait abouti exactement au résultat que Dieu recherchait : une créature qui, comme nous, puisse le connaître et l'aimer, percevoir les cieux et rêver aux étoiles, une créature qui finirait par découvrir l'extraordinaire processus de l'évolution qui emplit Sa terre d'une telle profusion de vie. »¹³⁶⁸ Miller poursuit : « Cela ne signifie pas, comme Barbour l'explique, que Dieu n'agit pas dans le monde, seulement qu'il est assez sage pour intervenir d'une façon qui préserve notre propre liberté. Lorsque Dieu agit dans le monde, il le fait avec discernement et subtilité. L'existence de chaque particule est un produit de la volonté constante de Dieu. Pour ne prendre qu'un exemple, la nature indéterminée des phénomènes quantiques laisse toute latitude à un Dieu intelligent et subtil d'agir sur le cours des événements d'une manière profonde et indécélable sur nous. »¹³⁶⁹

Son analyse, faisant état que les actions divines échappent à notre mesure, donne à l'action de Dieu un rôle discret et caché, pour permettre, à terme, l'avènement de l'exercice possible de la liberté d'un être intelligent : « Par principe, les actions de Dieu ne sont pas scientifiquement détectables, mais même à l'intérieur de nous, il devrait choisir entre l'intervention et le libre arbitre. L'expérience commune des personnes religieuses est que Dieu nous fournit assistance, inspiration et force ; mais accepter ces dons requiert toujours un acte de volonté humaine, le libre choix de faire ce qui est juste, malgré les difficultés et même les souffrances qui peuvent en résulter. »¹³⁷⁰ John Polkinghorne formule cette réalité en ces termes : « L'équilibre avéré que nous percevons entre le hasard et la nécessité, la contingence et la potentialité me semble

¹³⁶⁷ K.R. Miller (2009) p. 302.

¹³⁶⁸ K.R. Miller (2009) p. 298.

¹³⁶⁹ K.R. Miller (2009) p. 301.

¹³⁷⁰ K.R. Miller (2009) p. 302.

en accord avec la volonté d'un Créateur patient et compréhensif, satisfait de mener à bien son dessein par le développement d'un processus et acceptant par là une dose de la fragilité et de la précarité qui caractérise toujours le don de la liberté par l'amour. »¹³⁷¹

Rémi Brague appelle de ses vœux « l'établissement d'un rapport à la transcendance qui passerait par la rationalité, rendant ainsi possible l'élaboration rationnelle de la religion par une théologie. Ce passage par la médiation de la raison permettrait de respecter l'homme en ce qui constitue son humanité. »¹³⁷² Il dit encore : « la transcendance à laquelle la religion nous fait accéder se manifesterait comme le Bien qui appelle à l'être tout ce qui est, et plus précisément tout ce qui aboutit à l'homme . Elle se déclinerait comme la Providence qui équipe toute chose de ce qu'il faut pour être ce qu'elle doit être. »¹³⁷³

IV. L'éthique devient une éthique de la connaissance. La recherche du bien objectif par l'homme se trouverait-elle disqualifiée ?

Nous avons mis en annexe le texte « On values in the Age of science » traduit, à l'issue, pour en faciliter l'accès au lecteur, rédigé en anglais par Monod dès 1969 et qui constitue un texte annonçant et préfigurant l'exposé du chapitre 9 de *HN*. Ce texte peut également apporter des éléments pour nourrir la réflexion sur ce sujet.

Une des conséquences de la révolution scientifique consistera, pour Monod, à reconnaître « l'exigence d'une révision totale des fondements de l'éthique. »¹³⁷⁴ On propose ici d'exposer les deux raisons principales invoquées par Monod qui contribuent, à ses yeux, à la justification de la nouvelle éthique qu'il considère comme la seule désormais tenable. La première raison se fonde sur un argument rationnel ; la seconde sur la considération de toutes les implications découlant du rejet de l'animisme, qui conduira Monod, dans le même mouvement, au rejet de toute source théiste, déduction, qui pour lui, semble aller de soi, dont il conviendra de discuter de la pertinence à l'issue de cette présentation.

En ce qui concerne la première raison, l'argument rationnel qu'avance Monod est que la connaissance vraie, pour recevoir un fondement qui justifie son insurpassable importance, nécessite un axiome de valeur, extérieur à la connaissance elle-même : « La connaissance

¹³⁷¹ J. Polkinghorne (1987) p. 69.

¹³⁷² R. Brague, (2013), p. 248.

¹³⁷³ R. Brague, (2013), p. 248.

¹³⁷⁴ J. Monod (1970), p. 214.

vraie ignore les valeurs, mais il faut pour la fonder un jugement ou plutôt un *axiome* de valeur. »¹³⁷⁵ Il n'est, en effet, pas possible à la connaissance vraie de se fonder comme telle par elle-même comme un objectif qui exige d'être prêt à tout sacrifier. L'éthique de la connaissance, en tant qu'acceptation du postulat d'objectivité, remplit ce rôle. En effet, pour Monod, « énoncer la proposition de base de cette nouvelle éthique » consiste précisément à « accepter le postulat d'objectivité. »¹³⁷⁶ Ainsi, « le postulat d'objectivité, pour établir la *norme* de la connaissance, définit une *valeur* qui est la connaissance objective elle-même. »¹³⁷⁷ Par conséquent, « poser le postulat d'objectivité comme condition de la connaissance vraie constitue un choix éthique. »¹³⁷⁸ Nous avons évoqué, lors de notre étude sur le postulat d'objectivité, qu'il s'agissait aussi d'un choix « métaphysique. »¹³⁷⁹ Dans *HN*, il est dit qu'il est évident que ce choix éthique « n'est pas un jugement de connaissance puisque, selon le postulat lui-même, il ne pouvait y avoir de connaissance vraie antérieure à ce choix arbitral. »¹³⁸⁰ Monod s'en explique très explicitement lorsqu'il éclaire cette exigence, dans un article consacré à défendre l'idée de « La science, valeur suprême de l'homme », « par le fait, dit-il, que mettent maintenant en évidence des mathématiciens, qu'il est impossible de construire un système complet d'axiomatique refermé sur lui-même, qu'il y a toujours un axiome qui manque et qui ne peut être contenu que dans un système d'ordre supérieur. »¹³⁸¹ Monod se réfère ici, en le définissant clairement, sans le nommer, au premier théorème d'incomplétude de Gödel, énoncé en 1931.¹³⁸² C'est en gardant sans doute en tête en arrière-plan un tel argument qu'il se réfère également à Popper qui promeut de son côté la nécessité d'une éthique au service d'une épistémologie. Dans la préface à *La logique de la découverte* rédigée par ses soins, Monod note cette conviction de Popper qu'il fait sienne, selon laquelle « il ne peut être d'épistémologie réelle, vécue, à quoi ne corresponde une éthique. »¹³⁸³ « Ou mieux encore, ajoute Monod, à la base de l'épistémologie, discipline normative, il faut bien que se trouve un choix de valeurs, une éthique. »¹³⁸⁴ Comme Monod le déclare encore dès la fin de *La leçon inaugurale* : « Comment un homme de science et surtout un biologiste pourrait-il cacher sa préoccupation anxieuse devant ce paradoxe inévitable : s'il

¹³⁷⁵ J. Monod (1970), p. 220.

¹³⁷⁶ J. Monod (1970), p. 220.

¹³⁷⁷ J. Monod (1970), p. 220.

¹³⁷⁸ J. Monod (1970), p. 220.

¹³⁷⁹ J. Monod, « Autocritique », renommée « *Notes de bas de pages* », p. 2. *Mon Mss.02, Archives de l'institut Pasteur* ; publiées dans « *Prospective et santé* », n°1, printemps 1977, pp. 11-22.

¹³⁸⁰ Monod (1970), p. 220.

¹³⁸¹ Monod (1968), p. 15.

¹³⁸² Kurt Gödel, « Sur les propositions formellement indécidables des *Principia mathematica* et des systèmes apparentés », trad. fr. dans *Le Théorème de Gödel*, Paris, éd. du Seuil, « les Sources du savoir », 1989, pp. 105-143.

¹³⁸³ K. Popper, (1973) p. 5.

¹³⁸⁴ K. Popper, (1973) p. 5.

est un homme de science, c'est qu'il a choisi de le devenir ? Par ce choix, il marquait son adhésion à un certain système de valeurs ; il assumait, que ce fût délibéré ou implicite, une éthique. (...) La science ignore les valeurs ; la conception de l'univers qu'elle nous impose aujourd'hui est vide de toute éthique. Mais la recherche constitue par elle-même une ascèse ; elle implique nécessairement un système de valeurs, une "éthique de la connaissance" dont elle ne peut cependant démontrer objectivement la validité. »¹³⁸⁵

Nous comprenons qu'au vu de ces deux influences, venues tant de mathématiciens que de Popper, ajoutées probablement aussi à une certaine vision du monde émanant de certains théoriciens de la théorie synthétique de l'évolution, tel Simpson, qui promeut également une éthique de la connaissance, Monod n'a pas de difficulté à promouvoir un argument de cette teneur.

La seconde raison consiste en la déclaration de l'urgence à remplacer l'ancienne éthique traditionnelle, du fait que l'homme a compris, grâce au développement de la science, qu'aucune valeur ne lui est imposée du dehors, provenant de quelque ordre sacré supérieur que ce soit, qu'il s'agisse de lois immanentes ou transcendantes ; mais que c'est à lui seul de déterminer les valeurs qu'il décide de choisir. Pour justifier ce point de vue, Monod confronte l'ère pré-scientifique avec l'ère scientifique et montre que désormais, il y a mensonge à penser les conceptions de ces deux ères comme compatibles, et que, par conséquent, une menace pèse sur la société toute entière, si ce mensonge est maintenu plus longtemps. « Le divorce est si grand, dit Monod, le mensonge si flagrant, qu'il obsède et déchire la conscience de tout homme pourvu de quelque culture, doué de quelque intelligence et habité par cette anxiété morale qui est la source de toute création, c'est-à-dire de tous ceux, parmi les hommes, qui portent ou porteront les responsabilités de la société et de la culture dans leur évolution. Le mal de l'âme moderne c'est ce mensonge, à la racine de l'être moral et social. C'est ce mal qui provoque le sentiment de crainte sinon de haine, en tout cas d'aliénation qu'éprouvent tant d'hommes d'aujourd'hui à l'égard de la culture scientifique. »¹³⁸⁶

Monod fait effectivement d'abord le constat que, dans les sociétés marquées par l'animisme, l'exigence ancestrale de cohésion sociale exigeait que les fondements du système de valeurs parussent intangibles et inaccessibles à l'homme. « Pendant des centaines de milliers d'années, la destinée d'un homme se confondait avec celle de son groupe, de sa tribu, hors laquelle il ne pouvait survivre. La tribu, quant à elle, ne pouvait survivre et se défendre que par sa cohésion. Tel homme peut-être pouvait parfois les enfreindre ; aucun sans doute

¹³⁸⁵ J. Monod (1967) p. 16.

¹³⁸⁶ J. Monod (1970) p. 215.

n'aurait songé à les nier. »¹³⁸⁷ L'accent est mis surtout, d'une part, sur le besoin d'explication inhérent à la constitution du cerveau humain et, d'autre part, sur la croyance dans le caractère transcendant des valeurs, qui constituent les deux caractéristiques principales des sociétés anciennes, vivant sous le régime « animiste », visant ainsi non seulement à fonder la structure sociale mais aussi à en conserver la cohésion. En ce qui concerne l'accent mis sur le besoin d'explication inhérent à l'homme, Monod remarque que les idées qui ont pénétré toute la culture ancestrale sont « celles qui expliquent l'homme en lui assignant sa place dans une destinée immanente, au sein de laquelle se dissout son angoisse. »¹³⁸⁸ Il suggère également que les structures sociales elles-mêmes ont dû contribuer à influencer l'évolution génétique du cerveau humain. Ici Monod envisage une certaine influence du milieu qui aurait exercé une forme de « contrainte », quoique le terme ici ne soit pas employé : « Étant donné l'immense importance sélective qu'ont nécessairement assumée de telles structures sociales, et pendant de si longues durées, il est difficile de ne pas penser qu'elles ont dû influencer l'évolution génétique des catégories innées du cerveau humain. Cette évolution devait non seulement faciliter l'acceptation de la loi tribale, mais créer le besoin de l'explication mythique qui la fonde en lui conférant la souveraineté. Nous sommes les descendants de ces hommes. C'est d'eux sans doute que nous avons hérité l'exigence d'une explication, l'angoisse qui nous contraint à chercher le sens de l'existence. Angoisse créatrice de tous les mythes, de toutes les religions, de toutes les philosophies et de la science elle-même. »¹³⁸⁹ Monod voit dès lors le récit des origines, quel qu'il soit, comme un remède à cette angoisse : « Il est facile de voir que les "explications" destinées à fonder la loi en apaisant l'angoisse, sont toutes des "histoires" ou, plus exactement des ontogénies. Les mythes primitifs se rapportent presque tous à des héros plus ou moins divins dont la geste explique les origines du groupe et fonde sa structure sociale sur des traditions intouchables. »¹³⁹⁰ Conforté le plus souvent par une perspective religieuse, l'homme découvrait des valeurs auxquelles il devait se soumettre, avec obéissance. De plus, l'homme était inclus dans le projet général de la création et de la nature. La science a détruit ces deux certitudes : la science détruit ce dogme du caractère intangible des valeurs, dogme en des valeurs inaccessibles, en faisant valoir que les codes culturels ne sont pas, en réalité, intouchables ; et elle a détruit l'idée de communauté de projet entre l'homme et la nature, en rejetant l'animisme comme totalement dénué de fondement scientifique. L'avènement de la science, comme « *seule* source de vérité authentique »,¹³⁹¹

¹³⁸⁷ J. Monod (1970) p. 210.

¹³⁸⁸ J. Monod (1970) p. 209.

¹³⁸⁹ J. Monod (1970) p. 210.

¹³⁹⁰ J. Monod (1970) p. 210.

¹³⁹¹ J. Monod (1970) p. 213.

dont il faut comprendre l'apparition tardive, vient rompre cette perspective ancestrale. « S'il est vrai que le besoin d'une explication entière est inné, on comprend pourquoi il fallut tant de millénaires pour que paraisse dans le royaume des idées celle de la connaissance objective comme *seule* source de vérité authentique. »¹³⁹² La science impose dès lors à l'homme une réévaluation qu'il se fait de lui-même et de sa relation à l'univers, car nous voyons qu'il y a incompatibilité absolue entre les concepts traditionnels et cette conception scientifique de l'homme. L'affirmation selon laquelle aucun espoir vécu antérieurement ne peut tenir se trouve mise en relief en raison de l'incompatibilité absolue entre cette conception scientifique de l'homme et les concepts traditionnels qui n'opéraient pas les distinctions qui s'imposent entre connaissance et valeurs. « Dans les cultures primitives comme dans les classiques, les sources de la connaissance et celles des valeurs étaient confondues par la tradition animiste. Pour la première fois dans l'Histoire, une civilisation tente de s'édifier en demeurant désespérément attachée, pour justifier ses valeurs, à la tradition animiste, tout en l'abandonnant comme source de connaissance, de *vérité*. »¹³⁹³ Monod prévient que cette révolution consistant à abandonner l'ancien monde ne se fera pas sans douleur. Monod invite en effet nos sociétés modernes à opérer une « révision déchirante », mention qui dramatise le caractère à la fois onéreux et inévitable de la césure à opérer entre le monde ancien et l'ère scientifique. « Le prodigieux développement de la connaissance depuis trois siècles contraint aujourd'hui l'homme à une révision déchirante de la conception, enracinée depuis des dizaines de milliers d'années, qu'il se faisait de lui-même et de sa relation à l'univers. »¹³⁹⁴ Révision déchirante et douloureuse car l'homme n'est pas prêt à effectuer cette réévaluation qui, d'une certaine manière, le fait renoncer à toutes ses croyances antérieures, totalement enracinées en lui. Ce thème du déchirement montre le caractère à la fois douloureux et violent de ce changement radical à opérer et Monod le reprend plusieurs fois : « Armées de tous les pouvoirs, nos sociétés tentent encore de vivre et d'enseigner des systèmes de valeurs déjà ruinés, à la racine, par cette science même. Aucune société, avant la nôtre, n'a connu pareil déchirement. »¹³⁹⁵ Et cette fracture entre le monde ancien et l'ère scientifique fait, dans un passage déjà mentionné que « le divorce est si grand, qu'il obsède et *déchire* (mis en italique ici au service de l'analyse mais non dans le texte de Monod) la conscience de tout homme pourvu de quelque culture. »¹³⁹⁶ Cette déchirure opère comme un véritable arrachement à tout ce qui était croyances d'alors mais elle doit s'effectuer de toute nécessité au prix d'une vie

¹³⁹² J. Monod (1970) p. 213

¹³⁹³ J. Monod (1970) p. 214.

¹³⁹⁴ J. Monod (1970) p. 208.

¹³⁹⁵ J. Monod (1970) p. 214.

¹³⁹⁶ J. Monod (1970) p. 215.

conforme à ce que les découvertes scientifiques ont véritablement permis à l'homme de conclure sur son propre statut et sur l'essence même de la vie. Cette fracture seule permettra à l'humanité de vivre en conformité avec la connaissance vraie et de ne plus vivre dans le mensonge : fondamentale et tragique tout à la fois car s'effectuant à contre-courant des idées innées en l'homme qui façonnent son socle culturel, il faut nécessairement y consentir car elle est la condition *sine qua non* aux yeux de Monod de l'inauguration d'une nouvelle ère pour l'humanité ; un nouveau cap est à franchir pour une nouvelle humanité qui doit opérer un changement radical de culture en conformité avec la nouvelle ère scientifique et non pas l'accepter au niveau des sciences et le refuser au niveau des croyances. Sous peine de continuer comme si de rien n'était, sans réévaluer ces valeurs, il faut s'attendre, nous avertit Monod, à un effondrement de nos sociétés. Cette remarque selon laquelle « il faut s'attendre à un effondrement de nos sociétés »¹³⁹⁷ en cas de *statu quo*, met précisément l'accent sur l'urgence de l'instauration de la seule éthique qui tienne dès lors, proposée par Monod, à savoir l'éthique de la connaissance. Certes, cette analyse rejoint en un sens tout à fait l'idée qui dictait à la science ce rôle de réévaluation mais elle alerte en plus sur la condition *sine qua non* de la survie de nos sociétés, en annonçant le désastre qui les attend et leur effondrement, au cas où elles persisteraient dans ce malaise profond et intenable. Monod met en garde en effet contre cette attitude qui, en refusant de réévaluer les valeurs et en continuant de se fourvoyer dans cette voie du maintien caché de l'animisme dans un cadre d'émancipation scientifique, conduirait *ipso facto* nos sociétés à signer leur arrêt de mort. Après la métaphore de la déchirure, c'est la métaphore du gouffre qui est dès lors exploitée pour montrer que l'effondrement menace véritablement nos sociétés, sauf à faire preuve d'une volonté délibérée de la part de l'homme de consentir à renoncer à ses anciennes illusions. Le constat que fait Monod est une sorte d'état des lieux : nos sociétés modernes se trouvent dans un état critique, menacées qu'elles sont de s'effondrer dans un « gouffre de ténèbres. »¹³⁹⁸ Notons que ce gouffre de ténèbres s'oppose au Royaume de la connaissance, évoqué dans le titre même choisi pour le chapitre 9 opposant « Le Royaume et les ténèbres », pouvant faire penser ainsi, bien que Monod ne s'y réfère pas explicitement, à l'apport de la philosophie des Lumières dont le principal projet est de combattre tout obscurantisme provenant d'une aliénation de la raison s'assujettissant à une autorité supérieure à elle. Le courant philosophique des Lumières a pour vocation, en effet, de permettre l'émancipation de la raison vis à vis de tous les pouvoirs tutélaires qui lui permette enfin le déploiement d'une véritable autonomie, selon l'examen que nous en fournit Kant dans l'opuscule intitulé « Qu'est-ce que les Lumières ? »

¹³⁹⁷ J. Monod (1969) p. 25.

¹³⁹⁸ J. Monod (1970) p. 214.

Seul l'exercice d'une raison autonome et non assujettie signe pour l'homme la sortie de sa minorité et promeut enfin son accession à la majorité. « *Minorité*, c'est-à-dire incapacité de se servir de son entendement sans la direction d'autrui, minorité dont l'homme est lui-même responsable, puisque la cause en réside non dans un défaut de l'entendement, mais dans un manque de décision et de courage de s'en servir sans la direction d'autrui. »¹³⁹⁹ La référence à la durée des trois siècles derniers marque bien la date de l'origine explicite de la démarche scientifique remontant, il y a trois siècles, avec Descartes, qui paraît l'initiateur, alimentée ensuite au siècle suivant par les penseurs de ce siècle des Lumières. « En trois siècles, la science, fondée par le postulat d'objectivité, a conquis sa place dans la société : dans la pratique, mais pas dans les âmes. Les sociétés modernes sont construites sur la science. Elles lui doivent leurs richesses et des pouvoirs bien plus grands encore seront demain, s'il le veut, accessibles à l'Homme. Mais aussi, de même qu'un "choix" initial dans l'évolution biologique d'une espèce peut engager l'avenir de toute sa descendance, de même le choix, inconscient à l'origine, d'une pratique scientifique a-t-elle lancé l'évolution de la culture dans une voie à sens unique ; trajet que le progressisme scientifique du XIX^e siècle voyait déboucher infailliblement sur un épanouissement prodigieux de l'humanité alors que nous voyons se creuser devant nous un gouffre de ténèbres. »¹⁴⁰⁰ Monod explique que les sociétés modernes sont aux prises avec cette contradiction dénoncée, déchirées par la contradiction interne qui consiste à avoir intégré la nouvelle méthode scientifique et la fécondité de ses apports, tout en restant accrochées de façon dérisoire à des principes moraux fondés sur des croyances révolues et contredites par la science elle-même. Ce gouffre est creusé par cette contradiction qui fait que l'homme s'environne lui-même de ténèbres en n'acceptant pas de lâcher l'ancienne morale obsolète, tout en consentant à adopter la révolution scientifique. « Cette contradiction est mortelle », va jusqu'à affirmer Monod, reprenant une seconde fois à dessein la métaphore du gouffre : « C'est elle qui creuse le gouffre que nous voyons s'ouvrir sous nos pas ; l'éthique de la connaissance, créatrice du monde moderne, est la seule compatible avec lui, la seule capable, une fois comprise et acceptée, de guider son évolution. »¹⁴⁰¹ Au vu de cette menace qui pèse sur les sociétés modernes, Monod invoque donc pour une autre raison l'urgence d'établir cette seule éthique acceptable, une fois rejetée, pour de bon, tout relent d'animisme : l'éthique de la connaissance. Ce que l'ère scientifique a en effet mis en évidence, c'est la solitude absolue de l'homme, son étrangeté et son caractère dérisoire tout à la fois, puisqu' « il ne pèse d'aucun poids » dans cet univers qui l'a produit. La conséquence de cette

¹³⁹⁹ E. Kant, [1784], (1985), pp. 207-217.

¹⁴⁰⁰ J. Monod (1970) p. 214.

¹⁴⁰¹ J. Monod (1970) p. 221.

découverte est qu'« il ne peut y avoir en dehors ou au-delà de lui-même aucune source, aucun critère divin, historique ou naturel, pour ces valeurs. »¹⁴⁰²

Pour conclure cette présentation, et pour la résumer brièvement, disons que Monod oppose donc l'attitude ancestrale des hommes ignorants, qui fabriquaient des mythes pour résoudre l'énigme de l'existence et qui se soumettaient à des valeurs « sacrées » parce que reposant sur un fondement plus haut qu'eux, à l'attitude de l'homme contemporain qui sait que les valeurs sont ce qu'il en fait. « Tous les systèmes traditionnels mettaient l'éthique et les valeurs hors de la portée de l'homme. Les valeurs ne lui appartenaient pas : elles s'imposaient et c'est lui qui leur appartenait. Il sait maintenant qu'elles sont à lui seul, et d'en être enfin le maître, il lui semble qu'elles se dissolvent dans le vide indifférent de l'univers. »¹⁴⁰³ Pour montrer tout l'intérêt de l'éthique de la connaissance qu'il propose, Monod a donc commencé par faire valoir que toutes les éthiques antérieures, avec leurs anciennes croyances ne sont plus pertinentes car révoquées par la science. La science, au vu de ses résultats, fait la démonstration que la connaissance objective régie par le postulat d'objectivité est la seule valeur qui tienne car la seule capable de fonder le seul impératif reconnu désormais valable pour appréhender la réalité. Le choix de l'éthique de la connaissance découle du seul choix valable pour l'homme qui vit à l'ère de la science. « L'éthique de la connaissance ne s'impose pas à l'homme ; *c'est lui au contraire qui se l'impose* en en faisant *axiomatiquement* la condition d'authenticité de tout discours et de toute action. »¹⁴⁰⁴

Quels sont les domaines d'application de cette éthique de la connaissance promue par Monod ?

Monod commence par affirmer le critère de démarcation qui permet de qualifier comme authentiques discours et action. Le discours ou l'action sont inauthentiques lorsqu'un amalgame est effectué entre vérité et valeur. « Ce discours inauthentique où les deux catégories sont amalgamées et confondues ne peut conduire qu'aux non-sens les plus pernicieux, aux mensonges les plus criminels, fussent-ils inconscients. »¹⁴⁰⁵ Monod n'avait pas encore envisagé la force de cohésion que ce concept d'action recelait dans le texte programme *La place de la valeur dans un monde de faits*. C'est ici dans le dernier chapitre de *HN* qu'une façon de réconcilier le discours authentique avec l'engagement dans l'action est nouvellement pensée. Pour Monod, pensée et action sont appliquées principalement, la première en vue de la science et la seconde, de la société. Il signale très explicitement ce point

¹⁴⁰² J. Monod (1969) p. 25.

¹⁴⁰³ J. Monod (1970) bas de la p. 216.

¹⁴⁰⁴ J. Monod (1970), p. 220.

¹⁴⁰⁵ J. Monod (1970) p. 219.

dans la Préface à l'ouvrage de Popper : « Les seuls problèmes authentiques sont ceux qui d'eux-mêmes s'imposent à l'homme pensant et agissant, créant la science et la société. »¹⁴⁰⁶ Il conclut la fin de la préface en disant : « Pour Popper, la philosophie de l'action est sagesse, sagesse fondée sur un acte de foi dans le pouvoir de la rationalité éprouvée et de la « mesure » comme aurait dit Camus. »¹⁴⁰⁷ Comme l'indique encore Monod, l'ouvrage de Popper *La société ouverte et ses ennemis*, traite également précisément cette question. À la fin du chapitre 9, Monod revient sur les « structures mensongères » de l'animisme, en les opposant à l'éthique de la connaissance qu'il propose : « Acceptée comme base des institutions sociales et politiques, donc comme mesure de leur authenticité, de leur valeur, seule l'éthique de la connaissance pourrait conduire au socialisme. Elle impose des institutions vouées à la défense, à l'extension, à l'enrichissement du Royaume transcendant des idées, de la connaissance, de la création. Royaume qui habite l'homme et où, de plus en plus libéré des contraintes matérielles comme des servitudes mensongères de l'animisme, il pourrait enfin vivre authentiquement, défendu par des institutions qui, voyant en lui à la fois le sujet et le créateur du Royaume, devraient le servir dans son essence la plus unique et la plus précieuse. »¹⁴⁰⁸ Seule donc l'éthique de la connaissance est la condition d'authenticité de toute action et de tout discours. »¹⁴⁰⁹ Au nom de cette transcendance « humaine », Monod propose alors une nouvelle philosophie de l'action qu'il expose dans ce même chapitre 9. Monod va faire de l'éthique de la connaissance pour laquelle l'homme est invité à opter, en la choisissant librement, la condition de l'authenticité de toute action ou de tout discours. Il affirme en ce sens : « L'éthique de la connaissance ne s'impose pas à l'homme ; c'est lui au contraire qui se l'impose en en faisant axiomatiquement la condition d'authenticité de tout discours ou de toute action. »¹⁴¹⁰ Monod fait ici usage de la notion « d'authenticité » et lui donne un caractère qui suit de très près les deux analyses antérieures des deux philosophes qui en avaient donné une signification très proche, quoique reliée par chacun d'eux à un contexte différent : Heidegger, et Sartre. Une fois présenté ce que Monod entend par cette notion d'authenticité, nous envisagerons la définition qu'en donnent ces derniers et mesurerons la résonance que ces philosophies peuvent avoir avec l'authenticité selon Monod. Au chapitre 9 « Le royaume et les ténèbres », Monod confère en effet à « l'authenticité » un champ très précis d'application : « Elle concerne le domaine commun où se recouvre l'éthique et la

¹⁴⁰⁶ K. Popper (1973) *La Logique de la découverte*, p. 2.

¹⁴⁰⁷ K. Popper, (1973) Préface p.6.

¹⁴⁰⁸ J. Monod, (1970) p. 224.

¹⁴⁰⁹ J. Monod, (1970) p. 220.

¹⁴¹⁰ J. Monod, (1970) p. 220.

connaissance. »¹⁴¹¹ Que veut-il dire par là qui puisse le rapprocher de ces deux philosophes que nous venons de citer ? Avant d'opérer ce rapprochement, efforçons-nous de comprendre toute la teneur des propos de Monod sur le caractère proprement authentique d'un discours ou d'une action.

Monod prend soin d'intégrer dans sa visée non seulement le discours scientifique mais le domaine de l'action éthique qui s'inscrit, elle aussi, dans une pratique scientifique. Après avoir posé que les valeurs et la connaissance, radicalement distinctes, sont associées dans l'action, et rappelé que la connaissance vraie repose sur un postulat d'ordre éthique, Monod poursuit : « Chacun de ces deux points demande un bref développement. L'éthique et la connaissance sont inévitablement liées dans l'action et par elle. L'action met en jeu à la fois la connaissance et les valeurs, ou constitue un choix de valeurs, ou y prétend. Mais d'autre part une connaissance est nécessairement supposée dans toute action, tandis qu'en retour l'action est l'une des deux sources nécessaires de la connaissance. »¹⁴¹² Si l'on rapproche en effet cette analyse de celle où, quelques paragraphes plus loin, Monod donne le critère de l'authenticité d'une action ou d'un discours, on comprend alors la « façon dont ces deux catégories, celle des jugements de connaissance, et celle des jugements de valeur sont inévitablement associées dans l'action » : « Pour demeurer fidèles au principe (à savoir le postulat d'objectivité), nous jugerons donc que tout discours (ou action) ne doit être considéré comme signifiant, comme *authentique* que si (ou dans la mesure où) il explicite et conserve la distinction des deux catégories qu'il associe. »¹⁴¹³

Monod rejette à ce titre la notion de droit naturel qui est une notion dérivant, selon lui, du caractère inauthentique de l'animisme qui considère, en les confondant connaissance et valeurs. « L'idée d'une éthique sociale fondée sur des "droits" supposés "naturels" de l'homme exprime une telle attitude. »¹⁴¹⁴ Dans le domaine de l'action, nous voyons que la liberté proprement humaine consiste donc à développer le savoir. Monod cite dans la préface au livre de Popper cette formule de Camus qu'il retient comme admirable : « L'homme peut savoir, donc il peut être libre. » Sur ces bases, il propose d'évoquer un regard humaniste sur l'ensemble de la philosophie de Popper : « Pour Popper, la philosophie de l'action, comme celle de la connaissance, n'est pas un délire mais une sagesse. Sagesse fondée sur un acte de foi dans le pouvoir de la rationalité éprouvée et de la « mesure », comme aurait dit Camus ;

¹⁴¹¹ J. Monod, (1970) p. 219.

¹⁴¹² J. Monod (1970) p. 217.

¹⁴¹³ J. Monod (1970) p. 219.

¹⁴¹⁴ J. Monod (1970) p. 218.

acte de foi délibéré et lucide en l'homme, pour qui il a cette admirable formule : « l'homme peut savoir, donc il peut être libre. »¹⁴¹⁵

Un des domaines d'application retenu par Monod devient celui que l'on pourrait définir comme une éthologie ou une sociobiologie là où il considère que, « l'éthique de la connaissance est également, en un sens, "connaissance de l'éthique," des pulsions, des passions, des exigences et des limites de l'être biologique. Dans l'homme, elle sait voir l'animal, non pas absurde mais étrange, précieux par son étrangeté même, l'être qui, appartenant simultanément à deux règnes : la biosphère et le royaume des idées, est à la fois torturé et enrichi par ce dualisme déchirant qui s'exprime dans l'art et la poésie comme dans l'amour humain. »¹⁴¹⁶ Cet aspect mis en avant à l'heure de la science et qu'il est souhaitable de valoriser avait été totalement gommé par la culture animiste qui voulait magnifier l'homme au point de renier sa réalité animale. « Les systèmes animistes, au contraire, ont tous peu ou prou, voulu ignorer, avilir ou contraindre l'homme biologique, lui faire prendre en horreur ou en terreur certains traits inhérents à sa condition animale. »¹⁴¹⁷ Toutes les valeurs relatives de courage, d'altruisme, de générosité de cette éthique sont enracinées dans cette sociobiologie et sont au service de l'idéal de la science qui est dès lors définie, en tant que valeur unique comme valeur suprême. « L'éthique de la connaissance encourage l'homme à respecter et assumer cet héritage, tout en sachant, quand il le faut le dominer. Quant aux plus hautes qualités humaines, le courage, l'altruisme, la générosité, l'ambition créatrice, l'éthique de la connaissance, tout en reconnaissant leur origine sociobiologique affirme aussi leur valeur transcendante au service de l'idéal qu'elle définit. »¹⁴¹⁸ Monod n'entend pas nier l'existence de l'esprit, ni non plus celle de l'âme, mais les définit, à la fin du ch. 8, comme le support d'un héritage à la fois génétique et culturel : « La notion de cerveau, dit-il, et celle de l'esprit ne se confondent pas plus pour nous dans le vécu actuel que pour les hommes du XVII^e siècle (...) Qui pourrait douter de la présence de l'esprit ? Renoncer à l'illusion qui voit dans l'âme une "substance" immatérielle, ce n'est pas nier son existence, mais au contraire commencer de reconnaître la complexité, la richesse, l'insondable profondeur de l'héritage génétique et culturel, comme de l'expérience humaine, consciente ou non, qui ensemble constituent l'être que nous sommes, unique et irrécusable témoin de soi-même. »¹⁴¹⁹ Ce qui conduit Monod à rejeter « le dualisme apparent de l'être comme une illusion. »¹⁴²⁰ Illusion d'une âme comme d'une substance immatérielle à laquelle il faut donc renoncer, et pourtant illusion « si

¹⁴¹⁵ K. Popper (1973) p. 6.

¹⁴¹⁶ J. Monod (1970) p. 222.

¹⁴¹⁷ J. Monod (1970) p. 222.

¹⁴¹⁸ J. Monod (1970) pp. 222-223.

¹⁴¹⁹ J. Monod (1970) pp. 198-199.

¹⁴²⁰ J. Monod (1970) p. 199.

intimement attachée à l'être lui-même qu'il serait vain d'espérer jamais la dissiper dans l'appréhension immédiate de la subjectivité, ou d'apprendre à vivre affectivement, moralement, sans elle. »¹⁴²¹

Ce renoncement à la transcendance de l'âme reliée à la transcendance avec un donateur de l'être qui serait Dieu, n'implique pas pour Monod tout renoncement à une transcendance. Monod considère même comme permanent en l'homme le désir de transcendance. Mais il se doit de découvrir que c'est l'homme lui-même qui en est « le créateur et le dépositaire. »¹⁴²² Monod confie à plusieurs reprises sa très grande proximité en cela avec les existentialistes. Dans *le Figaro littéraire* du 24 sept 1964, par exemple, Monod dit à Jean Sénard qu'il se souvient de sa rencontre marquante avec Camus et Jean Bloch. Il confirme au *Journal français*¹⁴²³ en 1971 cette grande proximité : quand il présente sa nouvelle morale, il déclare par exemple : « C'est une morale de la responsabilité personnelle. Du reste, à cet égard, je suis très près de certains existentialistes, Camus en particulier. » Monod se réfère également expressément à Sartre sur cet enjeu que représente les valeurs. Un tel rapprochement est tout à fait justifié dans la mesure où il est confirmé par Monod au cours d'une émission radiophonique rapportée dans les cahiers Cistre, à propos de son dernier chapitre de *HN* : « Vous voyez, les conclusions de cette analyse trop brève des rapports entre valeurs et connaissance aboutit à une conclusion très proche de celles des existentialistes, en particulier de Camus ou de Sartre. Les valeurs ne s'imposent pas à l'homme. Il n'existe pas de système de valeurs universel et la structure de l'univers ne contient pas de valeurs. Les valeurs sont uniquement le fait de l'homme. Il peut et il doit les choisir. »¹⁴²⁴ Certainement aussi s'y devine l'influence de Heidegger. Rappelons la pensée de Heidegger citée dans *La leçon inaugurale* : « qu'un étant soit ontologique ne signifie pas pour autant qu'il ait déjà élaboré une ontologie. »¹⁴²⁵ On y retrouve en particulier les thèmes de l'authenticité, des valeurs créées par l'homme, de la liberté et de la transcendance vue comme un simple dépassement. Développons ici plus précisément en quoi ce rapprochement se trouve profondément justifié. L'authenticité chez Heidegger est marquée par la renonciation à la « dictature du on », en tant que telle réfractaire à l'authenticité,¹⁴²⁶ qui confère au Da-sein le courage de voir son angoisse en face, dès lors qu'il obtient « le concept existentiel de la mort. »¹⁴²⁷ L'authenticité

¹⁴²¹J. Monod (1970) p. 199.

¹⁴²²J. Monod (1970) p. 222.

¹⁴²³ *Le Journal Français*, n°42, 1971.

¹⁴²⁴ Cahiers Cistre, Monod, éd. L'Âge d'homme, 1978, p. 27.

¹⁴²⁵ J. Monod (1967) p. 4.

¹⁴²⁶ M. Heidegger, (1986), p. 170.

¹⁴²⁷ M. Heidegger, (1986), p. 286.

consiste à l'accepter, sans vouloir se bercer d'illusion.¹⁴²⁸ La situation existentielle appréhendée avec angoisse par la philosophie moderne et contemporaine est tout entière résumée dans ce fait d'être « jeté là », exprimé par le terme *Geworfenheit*¹⁴²⁹ de Heidegger. Boutinet, dans son étude du projet, souligne le questionnement inlassable de toute la philosophie phénoménologique pour donner une justification à ce fait « incontournable » d'être jeté là dans l'existence sur le mode du projet. « Contradiction existentielle difficilement surmontable », fait-il remarquer, de se sentir jeté là par le hasard, sous le mode particulier du projet, « d'un projet qui entend donner une orientation et une signification au hasard et à la gratuité. [...] La philosophie souligne l'absurdité d'une telle contradiction ; elle garde sans arrêt devant elle cette contradiction, sans prétendre pouvoir y apporter une réponse. »¹⁴³⁰

Il convient donc d'insister sur le fait que la notion d'authenticité telle qu'elle est envisagée dans *Être et Temps* revêt chez Heidegger, la dimension de l'acceptation de l'angoisse. Est authentique l'attitude de celui qui ne se voile pas la face par divers subterfuges devant cette angoisse que connaît l'existence humaine. Pour Heidegger, il y a deux types d'existence selon que l'homme affronte son angoisse ou non, l'une authentique ou résolue, l'autre inauthentique ou déchue. Selon Heidegger, le déni de cette angoisse est vécu par ceux qui se réfugient dans l'existence banale. Tandis que chez Sartre, l'esprit de sérieux qui instaure la mauvaise foi de celui qui se voit jouer un personnage auquel il ne peut adhérer, chosifie des valeurs pour viser à se rassurer. Pour Sartre, la nausée tout autant que l'angoisse deviennent la tonalité affective fondamentale. L'homme se doit d'être lucide en refusant la « substantification rassurante et chosiste des valeurs »¹⁴³¹, qu'opère l'esprit de sérieux.

Sur ce point le rapprochement de Monod, tant avec Heidegger que Sartre, peut, sous cet aspect, semble-t-il, pouvoir s'opérer, car le mensonge et l'inauthenticité résident bien pour lui dans le fait de savoir tous les mythes rassurants des philosophies et des religions totalement dépassés et de pourtant continuer à s'y accrocher désespérément. L'angoisse provient aussi de cette conscience de la solitude de l'homme dans l'univers et face à son destin. La véritable authenticité revient alors à reconnaître l'homme comme fondateur des valeurs et seul dépositaire de la transcendance. La proximité de Monod avec Sartre est encore évidente en ce qui concerne les deux points de vue suivants, qui d'ailleurs n'en font qu'un ou tout au moins se recoupent : celui de la liberté et celui de la transcendance. Dans *L'Être et le Néant*, Sartre présente l'existence du pour soi comme une *ek-sistence*, au sens d'une sortie de ce qu'on a été et comme précédant l'essence parce que c'est elle qui détermine ce qu'est l'homme. De ce

¹⁴²⁸ M. Heidegger, (1986), p. 237 et p. 294

¹⁴²⁹ M. Heidegger, (1986), p. 179, p. 190 et p. 223.

¹⁴³⁰ J-P. Boutinet, *L'anthropologie du projet*, PUF, p. 359.

¹⁴³¹ J-P. Sartre, (1943) p. 75.

fait, l'existentialisme de Sartre affirmant que « l'existence précède l'essence »¹⁴³² nie l'idée de nature humaine. Cette conception se fonde sur une idée de la liberté selon laquelle l'homme a à décider de ce qu'il doit être. Par l'acte de « néantisation », je peux tenir pour rien « l'en-soi », le donné, qu'il s'agisse des choses ou du passé, et me déterminer moi-même par anticipation comme projet. « Est compréhensible toute action comme projet de soi-même vers un possible. »¹⁴³³ Cette distanciation de soi, cette projection, opérée par la conscience est le fait de ma liberté. Prétendre que les valeurs existent en soi, s'imposent d'elles-mêmes à la conscience, c'est pour Sartre de la « mauvaise foi », au sens où l'on se cache la vérité à soi-même, en tentant de se masquer l'angoisse inhérente à la liberté. C'est, dans le même sens, accepter d'être dans le mensonge pour Monod, qui lui aussi parle « d'authenticité », comme nous venons de le voir, dans le cas contraire. Sartre développe ce point de vue en insistant sur le fait que l'authenticité réside dans le fait de savoir que « rien ne fait exister la valeur, si ce n'est cette liberté qui du même coup me fait exister moi-même. »¹⁴³⁴ Seule la liberté fait exister la valeur. Là réside son fondement, et les valeurs de bien ou de mal en particulier sont définies strictement par la liberté humaine. L'être non plus, en tant que tel n'est pas une valeur et ne peut servir de fondement. « Les valeurs sont des exigences qui réclament un fondement. Mais ce fondement ne saurait être en aucun cas l'être, car toute valeur qui fonderait sa nature idéale sur son être cesserait par là même d'être valeur et réaliserait l'hétéronomie de ma volonté. La valeur tire son être de son exigence et non son exigence de son être. Elle ne se livre donc pas à une intuition contemplative qui la saisirait comme étant valeur et par là même lui ôterait ses droits sur ma liberté. Mais elle ne peut se dévoiler, au contraire, qu'à une liberté active qui la fait exister comme valeur du seul fait de la reconnaître pour telle. Il s'ensuit que ma liberté est l'unique fondement des valeurs et que rien, absolument rien, ne me justifie d'adopter telle ou telle échelle de valeurs. »¹⁴³⁵ Il y a une relation étroite et connexe entre la liberté et le projet et l'action. Dans la 4^{ème} partie de *L'Être et le Néant* « Avoir, faire et être », Sartre affirme que la condition première de l'action, c'est la liberté. « Si nous ne voulons pas tomber dans l'erreur que nous dénonçons plus haut, et considérer ces fins transcendantes comme pré-humaines et une limite *a priori* de notre transcendance, nous sommes bien obligés de reconnaître qu'elles sont la projection temporalisante de notre liberté. La réalité humaine ne saurait recevoir ses fins, nous l'avons vu, ni du dehors, ni d'une prétendue "nature" intérieure. Elle les choisit et, par ce choix même, leur confère une existence transcendante comme la limite externe de ses projets. De ce point de vue - et si l'on entend bien que

¹⁴³² J-P. Sartre, *L'existentialisme est un humanisme*, (1945) Gallimard 1996 p. 26.

¹⁴³³ J-P. Sartre, *L'Être et le Néant*, Gallimard, 1943, p. 515.

¹⁴³⁴ J-P. Sartre, (1945), p. 133.

¹⁴³⁵ J-P. Sartre, (1943), p. 74.

l'existence du Dasein précède et commande son essence - la réalité humaine, dans et par son surgissement même, décide de définir son être par ses fins. »¹⁴³⁶ « L'être est originellement pro-jet, c'est-à-dire qu'il se définit par sa fin. »¹⁴³⁷ L'être réalise ce projet par l'action qui donc le constitue. D'où l'affirmation selon laquelle « la réalité-humaine n'est pas d'abord pour agir, mais être pour elle, c'est agir et cesser d'agir, c'est cesser d'être. »¹⁴³⁸ En ce sens, Sartre parle de façon synthétique de la « liberté pro-jetante. »¹⁴³⁹ Monod, dans le contexte de l'éthique de la connaissance qu'il appelle de ses vœux, insiste lui aussi sur la fonction de transcendance, au sens de dépassement donné par Sartre tant dans *L'existentialisme est un humanisme* que dans le chapitre III de la 2^{ème} partie de *l'Être et le Néant*.

Dans le premier texte cité de Sartre, ce dernier précise bien ce sens de « transcendance » comme constitutive de l'homme, « non pas au sens où Dieu est transcendant mais au sens de dépassement ».¹⁴⁴⁰ L'éthique de la connaissance souhaitée par Monod est bien aussi un « humanisme », au sens tout à fait sartrien, car, dit-il, « elle respecte dans l'homme le créateur et le dépositaire de cette transcendance. »¹⁴⁴¹ La liberté n'est pas limitée par des valeurs qui s'imposeraient à elles du dehors. La valeur est bien transcendante à la liberté, au sens où elle devient une fin à réaliser, mais elle est posée et choisie par la liberté. Sartre se prononce contre « l'hétéronomie de ma volonté ».¹⁴⁴² D'où l'importance fondamentale de l'action dans laquelle je me constitue tout entier par chacun de mes actes et seulement par eux. L'action devient le seul lieu d'exercice de ma liberté car on se choisit et on choisit ce que l'on sera en agissant. C'est pourquoi Sartre insiste sur le fait que c'est dans la mesure où l'on se tend vers l'avenir que l'on se fait. Heidegger, il est vrai, dans *Être et Temps* soulignait déjà le rôle du souci comme anticipation qui consiste en ce que l'homme se projette vers ses possibilités.

L'homme donc seul est en mesure de définir les valeurs. Monod ébauche dès lors une problématique concernant le domaine du bien et du mal, dont la conscience est envisagée par l'éthique traditionnelle comme bien et mal objectif. Il pose ces valeurs comme soumises intégralement au libre choix humain : « Qui définit le crime ? Qui dit le bien et le mal ? Tous les systèmes traditionnels mettaient l'éthique et les valeurs hors de la portée de l'Homme. Les valeurs ne lui appartenaient pas : elles s'imposaient et c'est lui qui leur appartenait. Il sait

¹⁴³⁶ J-P. Sartre (1943), p. 498.

¹⁴³⁷ J-P. Sartre (1980) [1943], p. 508.

¹⁴³⁸ J-P. Sartre (1980) [1943], p. 533.

¹⁴³⁹ J-P. Sartre (1980) [1943], p. 545.

¹⁴⁴⁰ J-P. Sartre, (1996) p. 76.

¹⁴⁴¹ J. Monod, (1970) p. 222.

¹⁴⁴² J-P. Sartre, (1980) [1943], p. 74.

maintenant qu'elles sont à lui seul, et d'en être enfin le maître, il lui semble qu'elles se dissolvent dans le vide indifférent de l'univers. »¹⁴⁴³

En quoi va consister dès lors la notion de transcendance lorsque Monod affirme que l'« homme est créateur et dépositaire de la transcendance ? »¹⁴⁴⁴ Monod est convaincu que l'homme a en lui la capacité de se sacrifier pour une cause qui le dépasse et que cela fait partie de son essence même ; que l'homme a besoin, pour vivre, d'un idéal qui le dépasse. Cet idéal sera, à ses yeux, la connaissance objective. La connaissance objective devient le projet humain auquel est transférée une existence transcendante. Cette existence cependant nie toute autre réalité transcendante, comme le pose aussi Sartre qui affirme que « la réalité humaine ne saurait recevoir ses fins, ni du dehors, ni d'une prétendue "nature" intérieure. Elle les choisit, et par ce choix même, leur confère une existence transcendante comme limite externe de ses projets. »¹⁴⁴⁵ On peut donc affirmer ici que le programme de Monod constitue une application très précise de la philosophie sartrienne avec comme champ d'application et unique projet la connaissance objective. C'est en ce sens qu'en posant la connaissance objective comme seule source de connaissance vraie, Monod en vient à en faire la valeur suprême, pour laquelle il est louable de se sacrifier. « Aucun système de valeurs ne peut prétendre constituer une véritable éthique, à moins de proposer un idéal qui transcende l'individu au point de justifier, au besoin, qu'il s'y sacrifie. Par la hauteur même de son ambition, l'éthique de la connaissance pourrait peut-être satisfaire cette exigence de dépassement. Elle définit une valeur transcendante, la connaissance vraie, et propose à l'homme non pas de s'en servir mais désormais de la servir par un choix délibéré et conscient. »¹⁴⁴⁶ C'est tout le sens de cette référence à Camus mis en exergue de *HN* : « La lutte elle-même vers les sommets suffit à remplir un cœur d'homme. » Cependant cet idéal est défini comme la reconquête du néant : « Quel idéal proposer aux hommes d'aujourd'hui, qui soit au-dessus et au-delà d'eux-mêmes, sinon la reconquête du néant qu'ils ont eux-mêmes découvert ? »¹⁴⁴⁷

Avec la rupture liée à l'abandon de l'animisme, la parution de l'idée de la connaissance objective comme seule source de vérité authentique se double d'une négation de toute nourriture spirituelle. L'idée de la connaissance objective est effectivement « cette idée austère et froide qui ne propose aucune explication mais impose un ascétique renoncement à toute autre nourriture spirituelle. »¹⁴⁴⁸ La transcendance proposée par Monod est la transcendance

¹⁴⁴³ J. Monod (1970), p. 216.

¹⁴⁴⁴ J. Monod (1970), p. 222.

¹⁴⁴⁵ J.-P. Sartre (1980), [1943], p. 498.

¹⁴⁴⁶ J. Monod (1970), p. 222.

¹⁴⁴⁷ J. Monod (1967), p. 18.

¹⁴⁴⁸ J. Monod (1970), p. 213.

d'un bien que l'homme décide de considérer comme transcendant par rapport à tous les autres. Car, à ses yeux, « on n'a pas besoin de chercher un fondement transcendant pour l'impératif catégorique », ¹⁴⁴⁹ et « aucune des hypothèses transcendantales traditionnelles n'est désormais tenable. » ¹⁴⁵⁰ Son rejet de l'animisme l'amène donc au rejet de tout théisme. Son rejet de l'animisme le détourne de toute hypothèse d'une réalité spirituelle transcendantale à l'univers qui serait à l'origine de son existence. La transcendance ne revêt plus désormais qu'un seul sens correct et pensable : celui d'une transcendance auto-produite par l'homme lui-même.

Si la connaissance est la valeur suprême, il est dès lors remarquable que l'éthique ne soit plus au service de la recherche du bien de l'homme et de son bonheur. La finalité de la conduite éthique, dans ce contexte, n'est plus l'accomplissement de l'homme. « Il est clair que c'est cette éthique, que j'appelle l'éthique de la connaissance, sur laquelle se fonde la connaissance objective, et dont, en somme, le critère essentiel, ou la valeur essentielle n'est pas l'homme, c'est la connaissance objective en elle-même et pour elle-même. » ¹⁴⁵¹ C'est donc à une nouvelle réflexion sur les valeurs et la connaissance que Monod souhaite inviter ses contemporains. Dans sa *leçon inaugurale* au Collège de France, Monod qualifie la connaissance objective de « valeur suprême », de « souverain bien » et souligne à cet endroit qu'il ne s'agit nullement du bonheur de l'homme. En voici les propos exacts : « Le seul but, la valeur suprême, le "souverain bien", dans l'éthique de la connaissance, ce n'est pas, avouons-le, le bonheur de l'humanité, moins encore sa puissance temporelle ou son confort, ni même le *gnôthi seauton* socratique, c'est la connaissance objective elle-même. Je pense qu'il faut le dire, qu'il faut systématiser cette éthique, en dégager les conséquences morales, sociales et politiques, qu'il faut la répandre et l'enseigner, car, créatrice du monde moderne, elle est seule compatible avec lui. Il ne faudra pas cacher qu'il s'agit d'une éthique sévère et contraignante qui, si elle respecte dans l'homme le support de la connaissance, définit une valeur supérieure à l'homme lui-même. Éthique conquérante et, par certains côtés, nietzschéenne, puisqu'elle est une volonté de puissance : mais de puissance uniquement dans la noosphère. Éthique qui enseignera par conséquent le mépris de la violence et de la domination temporelle. Éthique de la liberté personnelle et politique, car la contestation, la critique, la constante remise en question n'y sont pas seulement un droit, mais un devoir. Éthique sociale, car la connaissance objective ne peut être établie pour telle qu'au sein d'une communauté qui en reconnaît les normes. » ¹⁴⁵² C'est à l'issue de cette réflexion que se trouve cette question rhétorique avec la réponse de Monod, portant sur la reconquête du néant, déjà citée, contenue dans la question

¹⁴⁴⁹ J. Monod (1969), p. 25.

¹⁴⁵⁰ J. Monod (1969), p. 26.

¹⁴⁵¹ J. Monod, (1968) « La science, valeur suprême de l'homme. » p. 16

¹⁴⁵² J. Monod, *Leçon inaugurale au Collège de France*, 3 novembre 1967, p. 17.

elle-même : « Quel idéal proposer aux hommes d'aujourd'hui, qui soit au-dessus et au-delà d'eux-mêmes, sinon la reconquête du néant qu'ils ont eux-mêmes découvert ? » L'homme devient ainsi le support de la connaissance que cette éthique respecte en tant que tel ; éthique dont la tâche revient à définir une valeur supérieure à l'homme lui-même. La reconquête du néant inscrit Monod dans ce courant du nihilisme qui remonte effectivement à Nietzsche dont il se réclame. La conviction de Monod valorisant cette éthique repose sur le fait que l'homme lui-même est devenu quantité négligeable et dérisoire, au vu des résultats de la science découvrant son néant, et l'absurdité de sa situation, né par hasard et de façon tout à fait imprévisible et parfaitement aléatoire. La grandeur de l'homme devient la proclamation de son seul caractère dérisoire et de la prise de conscience de celui-ci, à l'instar du Sisyphe de Camus. « A cet instant subtil où l'homme se retourne sur sa vie, Sisyphe revenant vers son rocher, contemple cette suite d'actions sans lien qui devient son destin, créé par lui, uni sous le regard de sa mémoire et bientôt scellé par sa mort. Ainsi, persuadé de l'origine tout humaine de tout ce qui est humain, aveugle qui désire voir et qui sait que la nuit n'a pas de fin, il est toujours en marche. Le rocher roule encore. Je laisse Sisyphe au bas de la montagne ! On retrouve toujours son fardeau. Mais Sisyphe enseigne la fidélité supérieure qui nie les dieux et soulève les rochers. Lui aussi juge que tout est bien. Cet univers désormais sans maître ne lui paraît ni stérile ni futile. Chacun des grains de cette pierre, chaque éclat minéral de cette montagne pleine de nuit, à lui seul forme un monde. » Dans la perspective d'une éthique pour l'homme, Monod complète la pensée de Camus en renchérissant : « Non plus que son destin, son devoir n'est écrit nulle part. »¹⁴⁵³ A l'homme de choisir entre la connaissance ou le chaos, « entre le Royaume et les ténèbres. »¹⁴⁵⁴ Non seulement Monod est persuadé du caractère étrange et dérisoire de l'être humain mais il souhaite que la découverte du caractère sans importance de l'homme soit enseignée dans les écoles jusqu'à devenir un leitmotiv courant de l'enseignement, non sans un certain triomphalisme à rebours : « Un jour, on enseignera au lycée que la valeur suprême de l'homme est prouvée par le fait qu'il a réussi cette incroyable ascèse d'arriver à se démontrer à lui-même qu'il n'avait aucune importance. »¹⁴⁵⁵

¹⁴⁵³ J. Monod (1970), p. 225.

¹⁴⁵⁴ J. Monod (1970), p. 225.

¹⁴⁵⁵ J. Monod, (1968) « La science, valeur suprême de l'homme. » *Raison présente*, n°5, p. 19.

DISCUSSION SUR LE FONDEMENT DE CETTE NOUVELLE ETHIQUE

Il conviendra, dans un premier temps, de souligner l'importance du concept de l'éthique de la connaissance, et l'impact positif qu'une telle éthique peut avoir sur les hommes de science et l'ensemble de la société.

Cependant, plusieurs questions peuvent se poser à propos de la proposition de cette nouvelle éthique, qui devient, selon la terminologie choisie par Monod, « éthique de la connaissance. » D'une part, en tant qu'acceptation du postulat d'objectivité, une telle éthique peut-elle s'appliquer à un sujet ? Ne risque-t-on pas de promouvoir davantage une sociobiologie qu'une éthique ? Que devient la liberté dans la perspective de l'éthique de la connaissance ? Autrement dit, peut-on faire droit aux découvertes de la génétique, sans renier la part de liberté humaine ?

D'autre part, si « la science est la valeur suprême de l'homme, »¹⁴⁵⁶ la valeur suprême est le vrai, plus exactement la connaissance vraie, et non pas le bien. Or, posséder une connaissance objective suffit-il pour adopter une conduite morale ? De plus, l'homme, en tant que « créateur et dépositaire de la transcendance, » peut-il faire des choix qui reposent sur un bien objectif ? Les choix effectués ne risquent-ils pas alors d'être strictement et entièrement relativistes, car subjectifs, au sens où ils dépendraient de la seule décision d'un sujet qui peut ne pas rencontrer l'adhésion d'autrui ou être franchement opposée à ce qu'il serait souhaitable pour vivre de façon à rendre "le lieu de vie habitable" pour l'homme, comme le veut le sens d'"*éthos*" sur lequel le terme d'éthique est construit ? Plus largement encore, la connaissance scientifique recouvre-t-elle à elle seule toute la connaissance vraie, autrement dit peut-elle prétendre être la seule à apporter une réponse à toutes les questions éthiques posées par l'être humain ?

Enfin, n'y a-t-il pas danger, sur cette base qui consiste à faire de la connaissance scientifique la valeur suprême, à ne plus pouvoir penser l'importance d'une éthique de la responsabilité ? Si l'homme n'est plus la finalité de l'éthique, devient-il vraiment primordial et essentiel de chercher à fonder une responsabilité de l'homme envers soi-même et envers tout homme ? Plus fondamentalement encore, avons-nous des raisons de vivre si l'homme est posé là, factuellement, sans pouvoir délivrer aucun sens à sa présence sur terre ?

¹⁴⁵⁶Interview de J. Monod, (1968) dans *Raison présente*, n°5, p. 11-19.

La grandeur d'une telle éthique :

Cette éthique de la connaissance permet d'envisager une véritable éthique, au sens où celle-ci représente effectivement un bien réel pour l'humanité. Michel Morange met à juste titre cet aspect en valeur dans un article portant précisément sur *L'éthique de la connaissance*. Ce dernier explique que la connaissance objective est bien véritablement fondée sur un choix éthique : celui d'« accepter, quoi qu'il en coûte, les résultats de cette connaissance. »¹⁴⁵⁷ En ce sens, Michel Morange souligne que « le choix de la connaissance objective est bien un choix éthique fondamental pour l'humanité. »¹⁴⁵⁸ Ce choix est valable également en raison d'un souci démocratique d'une recherche de la vérité ouverte et accessible à tous, émergeant de la libre circulation des idées et de leur libre critique. En effet, « affirmer qu'une vraie connaissance ne peut émerger que de la libre circulation des idées, et de leur libre critique, est un engagement éthique. »¹⁴⁵⁹ De plus, le lien du discours scientifique et d'une action constructive est également souligné : « Dire que la connaissance vraie est liée à l'action, à la transformation humaine du monde est privilégier l'action par rapport à l'inaction et au conservatisme ».¹⁴⁶⁰

Il est aussi important de mettre en valeur la formation morale exigeante requise pour accéder à une démarche véritablement scientifique, cet « ascétisme moral » dont parle Monod qui requiert de la rigueur, un goût de l'effort tenace et persévérant, ainsi qu'une grande probité intellectuelle, permettant de se défaire de préjugés et de méthodes inadéquates, attitude particulièrement nécessaire à la recherche scientifique. On peut également saluer la valeur de la recherche au sein d'un travail d'équipe, comptant sur le dialogue avec les différents chercheurs, la mise au niveau constante des connaissances et l'investissement au niveau du temps consacré, qui représente un esprit de sacrifice et de service exemplaire. La qualité d'hommes et de femmes illustres travaillant au péril de leur vie dans le domaine scientifique est particulièrement remarquable. Monod évoque des valeurs qui formeraient l'éthos de la science : ce sont ces valeurs que Robert Merton cherchera à développer en 1973, celle de l'universalisme, du communalisme, du désintéressement, et de ce qu'il nomme le « scepticisme organisé ».¹⁴⁶¹ Ces quatre impératifs sont très bien mis en lumière par Michel

¹⁴⁵⁷ M. Morange (2010) « L'éthique de la connaissance ». *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*. Ed. Kimè, p. 149.

¹⁴⁵⁸ *Ibid.*, p. 153.

¹⁴⁵⁹ *Ibid.*, p. 154.

¹⁴⁶⁰ *Id.*

¹⁴⁶¹ R. Merton, *The normative Structure of Science, the sociology of science*, Chicago: Chicago University Press, 1942, réédité en 1973 pp.267-278

Dubois dans son *Introduction à la sociologie des sciences*.¹⁴⁶² Plus tard, ces valeurs seront mises à l'honneur dans l'ouvrage *Raison scientifique et valeurs humaines* d'Anastasios Brenner. En ce sens, un philosophe aussi métaphysicien que Levinas reconnaît également à la discipline scientifique cette grandeur morale en termes véritablement élogieux : « Tout ce qui a pu se dire contre la science ne saurait faire oublier que la recherche scientifique reste, dans la dégradation de tant d'ordres humains, l'un des rares domaines où l'homme se contrôle, s'incline devant le raisonnable, est non bavard, non violent et pur. »¹⁴⁶³

Cette exigence personnelle élargie à la communauté scientifique est considérée par Monod comme un devoir qui lui est assigné. En ce sens, dans la *Leçon inaugurale*, Monod parle d'une « éthique de la liberté personnelle et politique car la contestation, la critique, la remise en question n'y sont pas seulement un droit, mais un devoir ». ¹⁴⁶⁴

Cependant signalons les limites qu'une telle éthique peut présenter :

Concernant la relation de cette éthique de la connaissance relative au postulat d'objectivité :

La seule norme éthique, la seule valeur, réside dans le fait de reconnaître la valeur suprême de la connaissance vraie, et par là même, respecter le postulat d'objectivité devient le premier et quasi seul « commandement » de ce « nouvel humanisme »¹⁴⁶⁵, une fois consommée la rupture avec l'« ancienne alliance »¹⁴⁶⁶ de l'homme avec la nature sous le régime de l'animisme.

Pour Monod, la seule fonction projective de l'action consiste à reconnaître et à accepter l'objectivité et à se plier à cette seule reconnaissance. Cette éthique de la connaissance devient en effet la pierre de touche, la norme non seulement de tout discours, qui donc doit produire une connaissance vraie régie par le postulat d'objectivité, mais aussi de toute action. « L'éthique de la connaissance, nous dit Monod, est la " condition d'authenticité de tout discours et de toute action ". »¹⁴⁶⁷ Si le discours, est soumis, pour être authentique, à la reconnaissance du postulat d'objectivité, et si toute action est régie au même titre que le discours par l'éthique de la connaissance, on peut se demander si elle n'est pas soumise, elle aussi à ce postulat d'objectivité ? De plus, si l'action elle-même est soumise d'une certaine façon à ce même postulat d'objectivité, comment considérer une action humaine qui ne soit pas projective ? D'ailleurs Monod en convenait au début de son livre puisqu'il parlait bien en

¹⁴⁶² M. Dubois, (1999) p.83

¹⁴⁶³ E. Levinas *Altérité et transcendance*, 1995, Fata Morgana, p.103.

¹⁴⁶⁴ J. Monod (1967), pp. 17-18.

¹⁴⁶⁵ J. Monod (1970), p. 222.

¹⁴⁶⁶ J. Monod (1970), p. 224.

¹⁴⁶⁷ J. Monod (1970) p. 220.

ce qui concerne notre activité humaine d'une activité « subjective, consciente et projective ? »¹⁴⁶⁸ Les considérations du chapitre 9 semblent contredire ce début. Comment concilier ces points de vue ? On pourrait émettre l'hypothèse de l'action qui resterait projective mais qui ne serait valable qu'au profit d'une connaissance, qui n'aurait de poids et de valeur qu'en ce qu'elle permettrait de conduire à la connaissance. Celle-ci devenant la valeur suprême, l'action lui serait-elle totalement dévolue ? Monod voit bien le danger d'un divorce radical entre valeur éthique et connaissance, mais comme le bien n'est plus la valeur de l'éthique mais la connaissance, tout ne se rapporte-t-il pas en définitive à celle-ci ? Reprenons le petit paragraphe très intriqué concernant ce problème.¹⁴⁶⁹ Après avoir posé que les valeurs et la connaissance, radicalement distinctes, sont associées dans l'action, et rappelé que la connaissance vraie repose sur un postulat d'ordre éthique, Monod poursuit : « Chacun de ces deux points demande un bref développement. L'éthique et la connaissance sont inévitablement liées dans l'action et par elle. L'action met en jeu à la fois la connaissance et les valeurs, ou constitue un choix de valeurs, ou y prétend. Mais d'autre part, une connaissance est nécessairement supposée dans toute action, tandis qu'en retour l'action est l'une des deux sources nécessaires de la connaissance. »¹⁴⁷⁰ Autrement dit, dans toute action, il y a une connaissance et l'action est une des deux sources de la connaissance. Quelle serait l'autre source ? La connaissance elle-même ou le désir de connaître ? Monod le dit-il quelque part ou le suppose-t-il évident ? Pourrions-nous y voir une allusion à la pensée d'Auguste Comte selon qui « toute opération humaine complète, depuis la plus simple jusqu'à la plus compliquée, exécutée par un seul individu ou par un nombre quelconque, se compose inévitablement de deux parties, ou, en d'autres termes, donne lieu à deux sortes de considérations : l'une théorique, l'autre pratique ; l'une de conception, l'autre d'exécution. La première, de toute nécessité, précède la seconde, qu'elle est destinée à diriger. »¹⁴⁷¹ Dans ce cas, l'autre source de l'action serait son exécution même. Ou bien précisément, ce serait cette éthique de la connaissance qui, posant le postulat d'objectivité, ferait alors de l'action une activité objective, ou bien si l'on veut bien continuer de la penser projective, dont la seule projectivité serait de garantir et de préserver l'objectivité ? Que deviennent alors en effet les valeurs de l'action, hormis de pouvoir garantir ce postulat d'objectivité, pour valoriser cette éthique de la connaissance, seule éthique qui ait droit de cité dans le nouveau Royaume des idées ? Si l'on rapproche en effet cette analyse de celle où, quelques paragraphes plus loin¹⁴⁷²,

¹⁴⁶⁸ J. Monod (1970) p. 19.

¹⁴⁶⁹ J. Monod (1970) p.217.

¹⁴⁷⁰ J. Monod (1970) p. 217.

¹⁴⁷¹ A. Comte, *Plan des travaux scientifiques, nécessaires pour réorganiser la société.*

¹⁴⁷² J. Monod (1970) p. 219.

Monod donne le critère de l'authenticité d'une action ou d'un discours, on comprend alors la « façon dont ces deux catégories, celle des jugements de connaissance, et celle des jugements de valeur sont inévitablement associées dans l'action » : « Pour demeurer fidèles au principe (à savoir le postulat d'objectivité), nous jugerons donc que tout discours (ou action) ne doit être considéré comme signifiant, comme *authentique* que si (ou dans la mesure où) il explicite et conserve la distinction des deux catégories qu'il associe. »¹⁴⁷³ On pourrait aller jusqu'à dire que c'est dans la mesure où le discours ou l'action manifeste, par conséquent, clairement par lui-même ou elle-même le rejet de l'animisme. Ici, nous sommes en droit de nous demander si la subtilité de la démarche n'occulte pas quelque peu l'aspect très réducteur de l'affirmation. Il paraît valable certes, et même indispensable de maintenir cette distinction entre jugements de connaissance et jugements de valeur, mais cela est-il suffisant ? Autrement dit, l'authenticité en matière de discours ou d'action se réduit-elle à cette définition des champs de compétence entre l'éthique et la connaissance ? Monod opère une nouvelle précision qui va restreindre considérablement encore le champ d'exercice de cette notion d'authenticité dans la remarque suivante : « La notion d'authenticité devient, ainsi définie, le domaine commun où se recouvrent l'éthique et la connaissance, où les valeurs et la vérité, associées mais non confondues, révèlent leur entière signification à l'homme attentif qui en éprouve la résonance. »¹⁴⁷⁴ Ce domaine commun n'est-il pas la connaissance vraie, le seul qui puisse se trouver à l'intersection de l'éthique et de la connaissance ? Tout le reste devient inauthentique et donc mensonger. Comment valeur et vérité ne peuvent-elles pas être confondues si l'éthique se met seulement à définir la vérité de la connaissance ? Tout au moins, la marge commune, « le domaine commun » à la vérité et à la valeur, c'est précisément la connaissance vraie, nous semble-t-il. Cependant cette valeur fondamentale ne repose-t-elle pas sur un postulat de plus ? Quelle est la valeur de cette valeur, ne risque-t-on pas une régression à l'infini ? On peut se demander de façon encore plus directe comment pouvoir être certain que cette éthique de la connaissance n'est pas un mensonge de plus, si rien ne fonde cette valeur, hormis l'homme qui se l'impose ? On se trouve ici devant le même paradoxe que Monod reconnaissait lorsqu'il décrétait la connaissance vraie comme seule admissible et qui admettait cependant que celle-ci repose elle-même sur le postulat d'objectivité lui-même basé sur une valeur. « La connaissance vraie ignore les valeurs, mais il faut pour la fonder un jugement ou plutôt un *axiome* de valeur. Il est évident que de poser le postulat d'objectivité comme condition de la connaissance vraie *constitue un choix éthique et non un jugement de connaissance, puisque, selon le postulat lui-même, il ne pouvait y avoir de connaissance*

¹⁴⁷³ J. Monod (1970) p. 219.

¹⁴⁷⁴ J. Monod (1970) p. 219

« vraie » antérieure à ce choix arbitral. Le postulat d'objectivité, pour établir la norme de la connaissance définit une valeur qui est la connaissance objective elle-même. »¹⁴⁷⁵

L'objectivité repose donc sur un choix éthique, soit, mais le choix éthique, lui, sur quoi repose-t-il, l'objectivité ou la subjectivité ? Il y a quelque chose de très paradoxal à vouloir fonder l'objectivité sur la subjectivité, sauf à faire reposer ce couple tout simplement sur les deux facettes de l'acte de connaître du sujet connaissant, sujet qui se propose un objet.

Un des problèmes devient dès lors celui de chercher à comprendre si l'action projective, en vue de la réalisation de différents biens, doit se ramener elle-même en définitive à viser uniquement toute action strictement liée au postulat d'objectivité ? Est-ce à dire que l'action ne pourra plus se définir en fonction d'une finalité, encore moins comme la recherche d'un bien ? Faut-il en conclure que l'action véritablement authentique ne sera plus seulement telle que si elle est un moyen en vue de la connaissance, qui elle-même n'est plus à comprendre ou interpréter comme réponse à une finalité mais à expliquer comme l'effet d'une cause objective ? Mettre en évidence les causes de l'action qui nous déterminent évincerait-il la finalité qui nous meut ? Peut-on éliminer les causes finales quand on a mis à jour les causes matérielles et les causes efficientes ? Ceci rejoindrait la conviction spinoziste de l'*Éthique* selon laquelle les hommes se croient libres en ce qu'ils ignorent les causes qui les déterminent.¹⁴⁷⁶ L'action projective, en vue de la réalisation de différents biens doit-elle se rabattre, elle-même, sur une action purement liée au postulat d'objectivité ? Est-ce à dire que l'action ne pourra plus se définir en fonction d'une finalité ? Ou bien encore que l'action ne sera plus qu'un moyen en vue de la connaissance, qui, elle-même, bien sûr, n'est pas à comprendre comme réponse à une finalité mais à expliquer comme l'effet d'une cause objective ? Bref, sans jamais citer Spinoza, la relation que Monod entretient avec la connaissance serait dès lors, en un sens, très proche de la pensée de ce dernier exposée plus particulièrement dans l'Appendice du livre I de l'*Éthique*. Spinoza y dénonce tous les « préjugés » qui tous « d'ailleurs dépendent d'un seul », consistant en ce que les hommes supposent communément que toutes les choses de la nature agissent comme eux-mêmes, en vue d'une fin ». ¹⁴⁷⁷ C'est bien ici précisément « l'animisme » tel qu'il est dénoncé par Monod. « Ils vont jusqu'à tenir pour certain, poursuit Spinoza, que Dieu a tout fait en vue de l'homme et qu'il a fait l'homme pour que l'homme lui rendît un culte. (...) De la sorte, ce préjugé se tourna en superstition, et poussa de profondes racines dans les âmes. »¹⁴⁷⁸

¹⁴⁷⁵ J. Monod (1970) p. 220.

¹⁴⁷⁶ B. Spinoza (1977), *Éthique III*, scolie proposition II., p. 255.

¹⁴⁷⁷ B. Spinoza (1977), *Éthique*, Vrin, p. 99.

¹⁴⁷⁸ B. Spinoza (1977), *Éthique*, p. 101.

La finalité humaine, en ce sens, y compris, elle aussi, relève d'une pensée erronée en ce que « toutes les causes finales ne sont que des fictions des hommes. »¹⁴⁷⁹ L'action qui est l'expression d'une idée adéquate est le résultat de la véritable connaissance, alors que par la passion, l'homme se meut en vertu d'idées inadéquates. Les choix que nous offrirait une éthique de la connaissance exclusivement, sans se rapporter à la notion morale de conscience du bien et du mal sont donc proches d'une vision de l'éthique telle que nous la présente Spinoza, dans les cinq livres de l'*Éthique*, fondée sur la connaissance du troisième genre. La liberté serait un autre nom de la connaissance de nos déterminismes, et en cela la liberté de choix serait une illusion. Cette affinité avec Spinoza, implicite chez Monod devient clairement manifeste en tout cas chez Changeux, disciple de Monod, qui au chapitre 9 de *L'homme neuronal*, intitulé, « Le cerveau : représentation du monde », cite le passage du scolie de l'*Éthique* III si connu : « L'expérience et la raison sont d'accord pour établir que les hommes ne se croient libres qu'à cause qu'ils sont conscients de leurs actions et ignorants des causes qui les déterminent. » La traduction d'Appuhn dont nous disposons dit en effet : « l'expérience donc fait voir aussi clairement que la Raison que les hommes se croient libres pour cette seule cause qu'ils sont conscients de leurs actions et ignorants des causes par où ils sont déterminés. »¹⁴⁸⁰ D'où tous les préjugés qui font de l'éthique une science du bien et du mal, alors qu'en fait, il conviendrait de la considérer strictement comme une science des idées adéquates et des idées inadéquates.

Une forme de réponse critique à cette thèse peut se faire à travers les remarques de Socrate rapportées par Platon dans le *Phédon* visant à distinguer clairement entre causes matérielles et cause finale, où Socrate énonce en substance qu'il est bien assis dans la prison et l'explication en est que ses muscles par ses tendons l'y tiennent assis. Nous convenons que cette explication scientifique ne manque pas d'être vraie et de présenter une idée adéquate. Mais la cause principale, poursuit-il, est bien qu'il accepte la mort, au vu de son respect des lois de la cité, qui a prononcé celle-là à son encontre. Citons une partie une partie de cet extrait si remarquable : « Pourquoi, d'abord, suis-je assis en ce lieu ? C'est parce que mon corps est fait d'os et de muscles. »¹⁴⁸¹ Et Socrate ironise de plus belle en prenant le soin de détailler toutes les causes matérielles d'une description la plus précise possible en remontant jusqu'aux détails les plus élémentaires : « que les os sont solides et ont des commissures qui les séparent les uns des autres, tandis que les muscles, dont la propriété est de se tendre et de se relâcher,

¹⁴⁷⁹ Spinoza (1977), *Éthique*, p. 103.

¹⁴⁸⁰ Spinoza (1977), p. 255.

¹⁴⁸¹ Platon, *Phédon*, (1970) 98c-99b, pp. 70-71.

enveloppent les os avec les chairs et avec la peau qui maintient l'ensemble. »¹⁴⁸² Et dans un humour qui se rapproche, à de nombreux siècles d'écart, du rire de Molière, Socrate continue avec force explications mécanistes : « par suite donc de l'oscillation des os dans leurs emboîtements, la distension et la tension des muscles me rendent capable, par exemple de fléchir à présent ces membres ; » Et la conclusion sur la cause de sa posture et de sa présence en ce lieu paraît effectivement objectivement irréfutable : « et voilà, dit-il , la cause en vertu de laquelle je suis plié en ce lieu ! » A cet exposé indiscutable, Socrate oppose les causes véritables, qui ne relèvent en rien des explications précédentes : « Or les voici : puisque les athéniens ont jugé meilleur de me condamner, pour cette raison même, moi, à mon tour, j'ai jugé meilleur d'être assis en ce lieu. [...] Dit-on que sans la possession d'os, de muscles, de tout ce qu'en plus j'ai à moi, je ne serais pas à même de réaliser mes desseins ? Bon, ce serait la vérité. Mais dire que c'est à cause de cela que je fais ce que je fais, et qu'en le faisant j'agis avec mon esprit, non cependant en vertu du choix du meilleur, peut-être est-ce en prendre plus que largement à son aise avec le langage ! Il y a là une distinction dont on n'est incapable : autre chose est en effet ce qui est cause réellement, autre chose, ce sans quoi la cause ne serait jamais cause. »¹⁴⁸³ Cet exemple sera largement repris et explicité par Leibniz qui prend la peine d'en retraduire *in extenso* le passage avant de la commenter dans le *Discours de Métaphysique*, pour montrer toute l'importance de la distinction entre cause matérielle et efficiente et cause finale.¹⁴⁸⁴

L'action n'a-t-elle pas besoin d'autres critères que celui de la connaissance objective pour être considérée comme action éthique ? Dans le cadre du postulat d'objectivité, peut-il y avoir place pour une prise en compte conceptuelle du sujet ? L'aporie semble sauter aux yeux. À moins que cette prise en compte ne se transmue en étude du sujet pris lui-même comme objet. En tout cas, en définitive, l'éthique de la connaissance devient la seule éthique reconnue. Et celle-ci consiste uniquement en la reconnaissance de la connaissance vraie. Toutes les autres valeurs que Monod évoque semblent n'avoir alors d'autre utilité que d'être au service de cette reconnaissance. Une question cruciale est alors de savoir si l'éthique peut se résumer à cela. Nous allons essayer de montrer les apories qui surviennent du fait que Monod entend instaurer dès lors, semble-t-il, une nouvelle éthique car le principe méthodologique d'objectivité qui régit la recherche scientifique peut difficilement servir à la compréhension de ce qu'est l'homme qui précisément est à considérer comme objet/sujet.

¹⁴⁸² Platon, *Phédon*, (1970) 98c-99b, pp. 70-71.

¹⁴⁸³ Platon, *Phédon*, (1970) 98c-99b, pp. 70-71.

¹⁴⁸⁴ Leibniz, [1686], (1983), p. 62-64.

En effet, si l'éthique revient à traiter, comme le préconise Durkheim pour les faits sociaux, les hommes « comme des choses », c'est la dimension même de l'éthique qui risque de se trouver niée.

Ce point de vue introduit la question du risque à concevoir l'éthique selon les normes d'une sociobiologie.

Le sujet humain apparaît dès lors, cela devient clair à la lecture du chapitre 8 « *Les frontières* » de *HN*, comme la concrétion de l'ensemble des niveaux matériels que met en lumière l'analyse du vivant, à la fois ressaisi et distribué par le cortex cérébral. Pour Monod, en ce qui concerne le système nerveux central, « rien ne permet de supposer que les interactions élémentaires soient de nature différente à différents niveaux d'intégration ».¹⁴⁸⁵ Cela devient peut-être encore plus clair, à la lecture des textes de son disciple le plus proche, et le plus éminent, à savoir Jean-Pierre Changeux. Le sujet devient un faisceau de réseaux constitué de toutes les relations neuronales objectivables de l'homme envers lui-même, mais aussi dans son rapport en réaction avec le milieu humain et environnemental le plus proche et tout aussi bien pris dans son ensemble. Sous ce dernier rapport, l'éthique a quelque chose de très ressemblant avec une sociobiologie, à savoir que le comportement de l'homme est étudié de la même manière que l'on étudie une colonie d'insectes ou de fourmis. Certes, Monod souligne que le langage a considérablement modifié non seulement l'évolution de l'homme lui-même mais aussi les rapports d'homme à homme. Le langage humain remplit une fonction de simulation qui la distingue de la communication animale, et a ainsi pu donner naissance à la culture. « Chez l'homme, la simulation subjective devient la fonction supérieure par excellence, la fonction créatrice. »¹⁴⁸⁶ Ainsi, « l'Homme, lui, sait parler ses expériences subjectives. »¹⁴⁸⁷ Cependant, l'œil qui effectue l'examen du fonctionnement du cerveau humain et ses fonctions, telle celle du langage, se fait dès lors scrutateur. Il travaille sur des quantités, effectue des mesures, des moyennes statistiques à l'aide de différents paramètres qui toujours quantifient : par exemple, les temps de réaction d'apparition des perceptions à partir de la conduction par les nerfs sensitifs, la longueur des ondes électriques, les longueurs de circuits neuronaux au sein de diverses populations de neurones, la masse des sphères corticales et les conditions de leurs interactions conditions etc., tout ceci interprété à l'aide de courbes et de graphiques, résultat de calculs algorithmiques les plus sophistiqués, effectués par ordinateur. Par conséquent, la question qu'on peut se poser est de savoir si cette recherche objective scientifique sur la fonction du langage, par exemple, permet ou non d'interpréter le

¹⁴⁸⁵ J. Monod (1970), p. 188.

¹⁴⁸⁶ J. Monod (1970), p. 195.

¹⁴⁸⁷ J. Monod (1970), p. 195.

sujet dans son ipséité, dans sa singularité, comme sous-tendu par une force de cohésion unifiante, ou pour reprendre le vocabulaire aristotélicien, une « forme », unifiante de soi. Un des apports de Sartre a été précisément de manifester cette non-coïncidence, cette distance de soi à soi comme inhérente à la subjectivité. Le risque est que cette démarche concernant l'approche de l'homme proposée par Monod se veuille exclusive de toute autre approche, rejetée comme fausse car non-scientifiquement analysable. De ce fait, autrui étant objectivé par le regard de l'autre court le risque d'être interprété comme un en-soi, comme l'a bien montré Sartre, « figé »¹⁴⁸⁸ et tellement englué dans sa « facticité » que son être se trouve en fait totalement pris « comme de la crème »,¹⁴⁸⁹ et donc l'être vivant et souple, sujet à revirement et nouveaux choix et nouvelles initiatives et décisions, se trouve négligé ou incompris, mais, ce qui serait pire, suspecté de ne pas exister vraiment. C'est peut-être en ce sens qu'il faut interpréter cette pensée de Simone Weil selon laquelle tout l'être « crie de ne pas être lu comme il le mériterait. » Lorsque Merleau-Ponty définit le corps comme un véhicule de l'être au monde, c'est, sans doute à travers mais aussi bien par-delà ce véhicule que l'être au monde gagne à être rencontré, écouté, apprécié. Bref, tout être humain fait l'expérience de l'autre comme son semblable mais aussi expérimente aussi sa différence du fait qu'autrui comprend une dimension qui m'échappe, qui l'oriente vers différentes trajectoires de vies possibles du fait qu'il est tout aussi libre que moi-même ; or, cette science-là ne s'apprend pas, elle est plus une conscience qu'une science car elle est avant tout une conscience d'esprit à esprit, passant par l'expression plus ou moins réussie et adéquate de deux corps en chemin d'expression et de communication. Par conséquent, il est à craindre qu'en ce domaine une éthique de la connaissance ne puisse rien apporter. La seule éthique qui soit proprement humaine n'est-elle pas plutôt une éthique de la reconnaissance, celle-là même que nous venons d'évoquer ? L'œil ou les instruments d'optique les plus sophistiqués n'y feront rien à l'affaire. C'est le cœur de l'homme qui échappe à la science qui est en jeu ici et qui seul peut connaître l'altérité de l'autre par la puissance et l'énergie de l'amour qui l'anime : de cette gracieuse gratitude qui reçoit gracieusement l'autre et se reçoit de lui, dans une distance gratifiante pour les deux. Ce qui est très loin de la gratuité de l'acte gratuit de celui qui agit pour rien, étranger à lui-même, étranger au monde qui l'entoure et finalement aux êtres qui le peuplent. Le problème avec cette nouvelle éthique promue et souhaitée de tous ses vœux par Monod, est que si l'éthique n'est qu'éthique de la connaissance, éthique qui pose les règles, en quelque sorte, de ce qu'est la connaissance d'objets, l'on a bien à faire avec les corps à des véhicules mais c'est l'être au monde, dans sa conscience, dans sa conscience

¹⁴⁸⁸ J-P. Sartre, [1943], (1976), p. 314.

¹⁴⁸⁹ J-P. Sartre, [1943], (1976), p. 444.

d'être au monde mais aussi bien dans sa conscience morale, qui n'est plus pris en compte car échappant, en tant que tel, au champ de la connaissance. Et pourtant Monod voit bien que par sa seule conscience, l'homme se sent étranger dans cet univers qu'il transcende par la pensée. Selon la pensée de Pascal, « par l'espace, l'univers m'engloutit et me comprend comme un point ; par la pensée, je le comprends. »¹⁴⁹⁰ La différence est que pour Monod, je me comprends aussi comme étranger à ce monde dont je me distingue et me distancie. Je comprends moins le monde que je ne me reconnais étranger au monde dans lequel j'ai émergé par hasard.

Les propos suivants de Luc Ferry dans *La sagesse des Modernes* mettent en garde contre ce risque d'une sociobiologie en remplacement de l'éthique : « Lorsque des biologistes, aujourd'hui, nous disent que ce que j'entends ici par liberté, ce processus antinaturel, donc, qui caractérise l'être humain, a des fondements tout à fait naturels, ils outrepassent évidemment leur rôle de scientifique pour faire, sans même s'en rendre compte, de la métaphysique. C'est une question de choix, et il faut bien avoir conscience, quoique l'on choisisse, que si l'on ne postule pas cette liberté, cette "sur-naturalité" de l'homme, cette capacité de s'arracher à la nature pour produire des œuvres d'art, des actions morales, des symboles qui nous *relient* et font ainsi en quelque façon *religion*, alors l'homme doit être considéré absolument comme un être de nature, jusque dans ses processus de "dénaturation" : dans ce cas, il n'y a plus ni morale ni éthique, mais simplement une sociobiologie, ou une « éthologie » c'est-à-dire une description des comportements qu'on va, par convention mais aussi par illusion, appeler des comportements moraux alors qu'ils sont seulement l'expression plus ou moins direct de nos gènes. Il est temps de prendre enfin conscience des effets inévitables, sur le plan éthique, d'un choix en faveur du matérialisme. »¹⁴⁹¹ Ferry ajoute encore dans *La sagesse des Modernes* toujours : « Le matérialisme peut bien fonder une éthologie, tenter de décrire comment et pourquoi, en fonction de leurs gènes, de leur histoire et de leurs multiples interactions, les individus adoptent telles ou telles valeurs, tels ou tels comportements, mais j'avoue ne pas voir comment ils pourraient passer dans cette optique du descriptif au prescriptif. »¹⁴⁹²

La question devient celle de savoir si l'on peut faire droit aux découvertes de la génétique, sans renier la part de liberté humaine ?

Il est vrai que Monod ne ferme pas la voie à une exploration de la dimension culturelle de l'homme qui, en un sens, dépasse le comportement biologique : « L'homme est le seul animal vraiment social dont le code du comportement est largement transmis culturellement plutôt

¹⁴⁹⁰ B. Pascal, (1963), Pensée 113, p. 513.

¹⁴⁹¹ A. Comte Sponville et L. Ferry, (1998) p. 168.

¹⁴⁹² A. Comte Sponville et L. Ferry, (1998) p. 25.

que génétiquement. »¹⁴⁹³ Pourrait-on, à partir de là, échapper à la science du déterminisme biologique et à l'explication purement scientifique pour se référer à la possibilité d'une recherche d'un sens de soi-même et de l'homme dans l'univers par la culture ? Plus fondamentalement, la transmission culturelle y suffit-elle ? Il est possible de mettre en doute le fait qu'une éthique naturaliste puisse rendre raison d'une véritable éthique de la liberté. Luc Ferry, voyant les limites d'une telle position, invite à ce sujet à un travail philosophique qui ferait une critique serrée du réductionnisme biologique qui revient à mettre uniquement en avant l'hérédité biologique et la transmission culturelle : ces deux facteurs à eux seuls s'avèrent sans doute incapables de rendre compte de la liberté humaine : « D'où l'urgence, dit-il, d'une critique enfin solide, elle-même non réductrice, du réductionnisme. Elle seule permettra de répondre d'une manière claire et positive : oui, on peut reconnaître la part de l'inné et faire droit aux découvertes de la génétique sans nier la liberté et la responsabilité humaine. »¹⁴⁹⁴ Par conséquent, il alerte nos contemporains sur l'urgence d'un débat initié de la part des philosophes avec les biologistes pour cette raison : « Dans les dix ou quinze prochaines années, les philosophes ne pourront plus éluder le débat avec les biologistes. La génétique contemporaine, lorsqu'elle s'applique au monde de l'esprit, tente en effet à incarner la figure nouvelle d'un matérialisme enfin venu à maturité. Que vise-t-on, notamment, sous le projet de dévoiler des fondements naturels de l'éthique ? »¹⁴⁹⁵ Pour illustrer ce projet, nous pouvons nous référer à l'étude que mène J-P. Changeux dans *L'homme neuronal*. En effet, Jean-Pierre Changeux s'appuie sur l'affirmation de Spinoza dans *L'Éthique* selon laquelle « les hommes jugent les choses suivant la disposition de leur cerveau. »¹⁴⁹⁶ Les neuro-sciences mettent certes actuellement, de façon de plus en plus précise, la façon dont toutes les ères cérébrales sont câblées les unes aux autres par toute une série incalculable de réseaux qui permettent des interactions infiniment fines et précises des neurones. Mais est-ce une raison pour dire, comme le dit Changeux dans *L'homme neuronal*, que « le clivage entre activités mentales et l'activité neuronales ne se justifient pas »¹⁴⁹⁷, à la suite de Monod pour qui l'analyse objective de la notion de cerveau et d'esprit « nous oblige à voir une illusion dans le dualisme apparent de l'être »¹⁴⁹⁸ ? Or, comme le suggère Bergson dans plusieurs études menées tant dans *Matière et Mémoire* que de *L'Énergie spirituelle*, et certains résultats actuels provenant des neuro-sciences, il est possible de faire valoir le fait que le mental puisse

¹⁴⁹³ J. Monod, (1969), «*On values in the age of science*», p. 21, texte traduit en annexes p. 532.

¹⁴⁹⁴ A. Comte Sponville et Luc Ferry, (1998), p. 90.

¹⁴⁹⁵ Luc Ferry et André Comte Sponville, p. 73.

¹⁴⁹⁶ J-P. Changeux, (1995) « Le point de vue d'un neurobiologiste sur les fondements de l'éthique. » *Archives de l'Institut Pasteur*, p. 2.

¹⁴⁹⁷ J-P. Changeux, (1983), p. 334.

¹⁴⁹⁸ J. Monod, (1970), p. 198.

déborder le cérébral. Certaines hypothèses récentes en neuro-sciences emploient l'analogie d'une grammaire et d'un récit pour illustrer la différence qu'il y aurait entre la fonction support du cerveau qui agirait comme une ressource telle une grammaire et la composition par le sujet d'un récit personnel. Si le cérébral agit comme une grammaire avec son système de codage, la vie d'un homme consiste bien à écrire, grâce à la liberté qui est la sienne, en dépit de tous les conditionnements auxquels il est sujet, le récit de sa vie, qui apparaît comme le résultat de ses libres choix, de ses décisions, de ses actes. Jean-Charles Boschi entre vigoureusement en débat avec le physicalisme, qui ne peut expliquer la survenue de la conscience. Pour ce dernier, « l'élimination du ressenti de conscience par le physicalisme matérialiste nie le caractère autonome de l'esprit en le réduisant aux états inconscients et déterminés des processus neuronaux. »¹⁴⁹⁹ Ce médecin regrette que « cette position nihiliste entraîne l'homme dans un enfermement déterministe où il ne peut même plus se poser la question de savoir quel genre de chose il est. »¹⁵⁰⁰ Le reproche que fait cet auteur aux théories physicalistes est de dénuer la notion de personne de toute consistance. Or, l'expérience consciente « fait de l'homme un être conscient de lui-même, de l'altérité et du monde extérieur, capable de choix, se réclamant d'un libre-arbitre et sachant différencier un acte moral d'un acte délictueux, bref une personne. »¹⁵⁰¹ L'auteur cite de nombreux chercheurs pour laquelle cette version est récusée, tel Dean Zimmerman, Thomas Nagel ou David Chalmers. Le mathématicien Alain Connes est cité, qui lui aussi entend réfuter la théorie matérialiste de la conscience, dans *Matière à pensée*, à travers la controverse qui l'oppose à J-P Changeux.

De plus, on peut également se référer à ce sentiment interne de liberté qu'éprouve le sujet qui se détermine lui-même en reconnaissant et en acceptant tous les déterminismes auxquels il est soumis, sans les subir mais en en tirant le meilleur parti possible. En ce sens, il est vrai de dire que l'homme « se fait et n'a pas à se subir », comme le remarque Maurice Zundel, dans son dialogue avec Camus.¹⁵⁰² Dans *Soi-même comme un autre*, Ricœur, de son côté, s'appuie sur le concept kantien de liberté transcendantale, c'est-à-dire sur l'indépendance de la volonté autonome par rapport à l'hétéronomie des penchants sensibles. Il rappelle que Kant invoque ainsi une causalité nouménale, échappant aux phénomènes que sont pour nous les objets, une causalité intelligible, échappant aussi bien à la totalité du monde des phénomènes. Il rapproche alors cette causalité nouménale de la notion aristotélicienne du συνάιτον ou *sunaiton*, « qui fait de l'agent une cause partielle et concourante dans la formation des

¹⁴⁹⁹Jean-Charles Boschi, « Au-delà du physicalisme : le ressenti de conscience. » Chroniques phénoménologiques, mars 2017, n°5, p. 13.

¹⁵⁰⁰Jean-Charles Boschi, (2017), p. 13.

¹⁵⁰¹ Jean-Charles Boschi, (2017), p. 13.

¹⁵⁰² M. Fromaget, (2017) *Réponse de Maurice Zundel à Albert Camus*, Parole et silence, p. 77

dispositions et des caractères. »¹⁵⁰³ Ceci lui permet d'intégrer le sens des approches neurophysiologiques développées par Changeux, sans les tenir, pour autant, pour la cause unique. Ainsi, de fait, la part de la cause matérielle dégagée par Changeux dans l'exercice des neuro-sciences reste en jeu de façon prépondérante. Elle n'est aucunement éliminée mais n'a plus l'exclusivité. Elle est à considérer au même titre que les autres causes qui conduisent à l'action. Quelle cause échappe précisément à l'analyse neurophysiologique ? La causalité de l'agent qui, au vu des principes rationnels, affectifs, physiques, fait une juste appréciation, en conscience précisément, de ce qu'il est en mesure de faire, approximation certes imparfaite, mais qui révèle un choix le plus valable possible, au sens où la valeur lui paraît « valoir la coup » de s'investir. Comme le dit encore Ricœur, « ce qu'Aristote suggère ici c'est que la réflexivité adhère au raisonnable, » s'il est vrai que « toujours l'intellect choisit ce qu'il y a de plus excellent pour lui-même. »¹⁵⁰⁴ Là où la proposition de Ricœur l'emporte en réalisme et en qualité humaine, pourrions-nous dire, sur Kant, c'est qu'il réintègre les sentiments dans la juste attitude du soi aimant « qui n'est pas seulement assigné à une responsabilité mais qui se fait souffrant avec, compatissant, rempli de sollicitude envers la faiblesse de celui qui souffre. »¹⁵⁰⁵ C'est vraiment là que chaque personne devient irremplaçable dans notre affection et dans notre estime. Et c'est ce critère qui fait défaut dans le discours du neurophysiologiste. Défaut dont il n'y a d'ailleurs nullement à s'offusquer puisque cette considération ne fait pas partie du champ des neurosciences. Là où ce défaut deviendrait dommageable, c'est si la neurophysiologie considérait que son discours se suffit à lui-même pour rendre compte de la totalité de la grandeur de l'être humain.

En s'appuyant même uniquement sur la seule théorie de l'évolution, on peut sans doute remarquer aussi l'intérêt qu'il y a à s'interroger sur la présence d'un dynamisme qui permet l'ascension des vivants vers plus d'autonomie et plus de liberté. C'est la perspective qu'envisage Bergson dans le passage suivant de *L'énergie spirituelle* au ch. 1, où celui-ci, après avoir rappelé qu' « il n'est pas inutile d'entrer dans le détail des observations, qui, depuis Lamarck et Darwin sont venues confirmer de plus en plus l'idée d'une évolution des espèces, je veux dire de la génération des unes par les autres depuis les formes organisées les plus simples », se demande : « Mais pourquoi la vie ne s'est-elle pas bornée à s'arrêter à la première forme rudimentaire ? Pourquoi est-elle allée se compliquant vers une efficacité de plus en plus haute à travers des risques de plus en plus forts... Les choses se passent comme si un immense courant de conscience avait traversé la matière pour l'entraîner à l'organisation et

¹⁵⁰³ P. Ricœur, (1990) *Soi-même comme un autre*, p. 133.

¹⁵⁰⁴ P. Ricœur, (1990) *Soi-même comme un autre*, p. 217.

¹⁵⁰⁵ P. Ricœur, (1990) *Soi-même comme un autre*, p. 224.

pour faire d'elle, quoiqu'elle soit la nécessité même, un instrument de liberté. »¹⁵⁰⁶ Bergson étend ce projet de création de soi par soi, bien au-delà de la pure sphère de chacune des sciences particulières : il étend ce projet à tout homme, du fait qu'il est homme: « Si donc, dans tous les domaines, le triomphe de la vie est la création, ne devons-nous pas supposer que la vie humaine a sa raison d'être dans une création qui peut, à la différence de celle de l'artiste et du savant, se poursuivre à tout moment chez tous les hommes : la création de soi par soi l'agrandissement de la personnalité par un effort qui tire beaucoup de peu, quelque chose de rien et ajoute sans cesse à ce qu'il y avait de richesse dans le monde ? »¹⁵⁰⁷ Sous ce rapport, à l'aide de cette triple analyse émanant de Luc Ferry, de Paul Ricœur s'appuyant sur l'éthique aristotélicienne et d'Henri Bergson, apportant tous les trois ces différents arguments que nous venons d'exposer visant tous à situer la liberté humaine au-dessus de causes dont le sous-bassement est strictement matériel, nous pouvons avec assurance affirmer tout l'intérêt de poser la possibilité de l'indépendance d'une conscience humaine spirituelle, qui ne peut se jouer pas uniquement au niveau des gènes : les gènes conditionnent en grande partie le comportement mais ne sont pas déterminants pour autant. Comme le dit Michel Morange, en biologiste : « La vision de l'action des gènes comme un déterminisme brisé par la structure hiérarchisée du vivant évite d'avoir à choisir entre le déterminisme génétique rigide proposé par certains biologistes et le déni de l'implication des gènes dans le développement ou le comportement soutenu par d'autres. »¹⁵⁰⁸ En effet, à un niveau supérieur, la conscience humaine de soi peut d'une part, faire le choix de tel ou tel milieu pour s'épanouir ou s'accomplir, et d'autre part opter radicalement pour tel ou tel type de conduite de don de soi ou de résistance face à l'injustice et au mal, conduite que le capital génétique à lui seul ne peut en aucun cas justifier. De nombreux exemples de la conduite humaine montrent la marge de libres choix opérés par l'homme, en vue d'un plus grand bien que les propres satisfactions de sa vie strictement biologique. C'est tout le sens du respect des lois non écrites qui fit de la conduite d'Antigone de Sophocle, dès le berceau de la pensée grecque, une conduite exemplaire sur le plan éthique ; conduite que l'on n'a pas de mal à transposer dans de nombreux cadres contextuels contemporains. Par la conscience d'être sujet que l'on peut définir comme une « force unifiante », expression que nous proposons ici, en l'empruntant à Dominique Lambert, force dont la vocation unificatrice est soutenue par ce qu'il est possible d'appeler, selon la tradition philosophique héritée d'Aristote, l'âme, l'homme semble être davantage qu'une simple cybernétique, la plus sophistiquée soit-elle. Cette notion de force

¹⁵⁰⁶ H. Bergson, (1993) [1919] *L'énergie spirituelle*, p. 19.

¹⁵⁰⁷ H. Bergson, (1993) [1919] *L'énergie spirituelle*, p. 24.

¹⁵⁰⁸ M. Morange, (1998), p. 188.

unifiante a l'avantage d'être sans doute plus riche de sens pour un contemporain et plus complète que la simple notion de forme, qui présente le tort d'évoquer, pour nos contemporains, un statut fixiste sans plasticité possible. Des positions différentes proposent précisément de conférer une dignité à l'être humain qui ne soit pas uniquement basée sur la connaissance strictement objective que nous en avons, mais en raison du respect de cette subjectivité qui précisément échappe à cette constitution d'objet.

Le débat sur ces sujets reste ouvert : Jean-Pierre Changeux admet avec Paul Ricœur que « la construction dans le cerveau de l'homme d'objets mentaux qui portent sur les états mentaux d'autrui – en relation avec les siens propres, en d'autres termes qui participent à l'évaluation de "soi-même comme un autre" (Ricœur) – constitue une des prédispositions fondamentales du cerveau de l'homme au jugement moral. »¹⁵⁰⁹ Cependant, si comme le dit Changeux, « on ne peut nier qu'il existe des prédispositions du cerveau de l'homme au jugement moral »¹⁵¹⁰, est-il possible d'accéder, comme celui-ci l'appelle de ses vœux, à la suite de Monod, à « une sorte de sagesse éclairée par la connaissance objective » ? La dimension sapientielle de l'éthique recouvre-t-elle intégralement la dimension scientifique du savoir humain ?

Le vrai est-il une valeur suffisante pour fonder une éthique ?

Il convient de reconnaître que certains acquis provenant des sciences peuvent mettre un terme définitif à certaines questions éthiques qui ont été débattues tout au long de l'histoire de l'humanité. Par exemple, la découverte de l'ADN commun à toute l'espèce humaine a eu un effet très positif, contre toutes les tentatives de discrimination raciale. En effet, la génétique a permis de voir un homme en tout homme pourvu de la même structure d'ADN, si bien que les résultats scientifiques ont fait taire tout débat portant sur des soupçons de différences et de hiérarchies entre les différents peuples de la planète. Cet effet, certes, n'est pas nommé explicitement par Monod, mais il va sans dire, et il est pourtant à la source d'un bien réel concernant la reconnaissance de tout être humain en tant qu'il est homme et a de vastes répercussions sur l'entente de tous les peuples, et le rapprochement de toute l'humanité.

Cependant Monod, en faisant le choix du principe d'objectivité, affirme que : « Le critère essentiel, ou la valeur essentielle n'est pas l'homme, c'est la connaissance objective en elle-même et pour elle-même »¹⁵¹¹

La question qui se pose alors est de savoir si le primat de la connaissance objective qui, au début semble la suppression d'une aliénation, celle de tous les préjugés, ne devient pas un lieu

¹⁵⁰⁹ J-P. Changeux, (1995) « Le point de vue d'un neurobiologiste sur les fondements de l'éthique. » *Archives de l'Institut Pasteur*, p. 8.

¹⁵¹⁰ J-P. Changeux, (1995) p. 22.

¹⁵¹¹ J. Monod (1968), *Raison présente* n°5, p. 16.

de conflits en ôtant à la notion de bien et de mal toute réalité objective, indépendamment du vrai et du faux ? Prenons un cas où le vrai découvert par la connaissance objective et le bien décrété par l'homme semble ne pas pouvoir se concilier : il apparaît en effet un véritable conflit entre le vrai et le bien à propos de la bataille pro-avortement menée en particulier par Monod : celle-ci paraît s'effectuer en faveur de ce que l'homme ou la femme déclare elle-même comme un bien, sans pour autant faire valoir le vrai. En effet, les connaissances actuelles, sans précédent en matière de génétique, mettent pour la première fois en évidence que l'être humain est déjà potentiellement présent dès la formation de son code génétique. Or, cette connaissance entre en conflit avec la liberté de la femme à disposer de son corps. Ici, ce qui se joue apparaît bien être un combat de la liberté contre la vérité : une vérité scientifique se présente ici et se trouve niée par la liberté. Toutefois, si l'on se souvient que pour Monod, l'homme et son bien ne constitue pas la valeur suprême, on comprend mieux sa défense de l'avortement ; puisque dans ce cadre, l'homme est plus au service des découvertes scientifiques que les découvertes scientifiques ne sont au service de l'homme.

La recherche d'un point de vue strictement biologique de ce qu'est la nature de l'homme est-elle complète ? Son étude réduit-elle à néant de droit, par sa propre vérité, tout autre type d'approche de l'être humain et de l'être en général ? C'est le pari que fait Monod qui va jusqu'à accepter de nier en l'homme la conscience morale en refusant dans l'éthique la notion de bien et de mal objectif. Car l'homme lui-même devient « le créateur et le dépositaire de la transcendance. »¹⁵¹² L'éthique ne se veut plus en lien avec ce qu'il est traditionnellement convenu d'appeler la morale dont la tâche est de reconnaître qu'il y a un bien et un mal objectif auquel ma conscience m'enjoint d'adhérer, en tant que bien, ou qu'elle me presse de rejeter, en tant que mal. Dans cette perspective, se trouve donc occulté en définitive tout rapport du sujet à un bien et à un mal objectif. En effet, ces notions risquent d'être dès lors laissées à la libre appréciation de chacun. Or, avec Hans Jonas ne peut-on pas penser, comme cela se trouve souligné dans *Principe responsabilité*, que « certains comportements relèvent du mal, et cette distinction entre bien et mal est une distinction morale, pas une distinction naturelle. »¹⁵¹³ Tout d'abord, il faut convenir que si la connaissance vraie seulement est reconnue par cette éthique, la considération du vrai à elle seule n'est pas en mesure de discerner le caractère moral de tel ou tel choix. En effet, on peut tout connaître sur les manipulations éthiques, être expert en génie génétique, et pour autant ne pas pouvoir trancher au nom de la vérité de sa connaissance sur la question de savoir si tel choix est bon ou mauvais pour l'homme. Cette question soulève aussi celle du transhumanisme déjà sous-

¹⁵¹² J. Monod, (1970) p. 222.

¹⁵¹³ H. Jonas, (1990) [1979] *Principe responsabilité*, p. 117.

jacente pour Monod dans la préface qu'il rédige à l'ouvrage de Mayr sous le mode du problème des trans-espèces. Cette question pourrait philosophiquement se poser en ces termes : « tous les possibles sont-ils souhaitables ? » Dans cette perspective, l'humanité est-elle appelée à devenir une nouvelle espèce, non seulement à opérer une révolution dans tous ses codes culturels mais aussi à évoluer sur le plan biologique de telle manière que l'avenir produirait un nouvel être humain ? Ce qui scientifiquement est techniquement possible est-il toujours souhaitable ? On est en droit de s'interroger par exemple sur les effets psychiques sur les générations à venir d'une procréation humaine où les scientifiques seraient les seuls détenteurs des critères applicables à l'espèce. Quels effets auront le don de la vie sans celui de la relation et de la responsabilité, par exemple ? De nombreuses questions de cette nature sont crucialement à l'ordre du jour.¹⁵¹⁴

Il semble que le critère du souhaitable serait que la science soit bien plus au service de l'homme que l'inverse. Il convient de reconnaître à cet égard que Monod s'oppose à toute expérimentation sur l'homme. C'est ce qui fait dire à Monod que des problèmes relevant des principes de la connaissance sont « en principe accessibles à l'expérience ; les éthologues en conduisent de semblables tous les jours ; expériences cruelles qu'il est impensable de pratiquer sur l'homme, sur l'enfant en fait. De sorte que par respect de soi-même, l'homme ne peut que s'interdire d'explorer certaines des structures constitutives de son être. »¹⁵¹⁵ Ou encore ces observations suivantes qui donnent un écho similaire : « A ces dangers, souvent signalés, on a parfois opposé les remèdes attendus des récents progrès de la génétique moléculaire. Il faut dissiper cette illusion, répandue par quelques demi-savants. Sans doute pourra-t-on pallier certaines tares génétiques, *mais seulement pour l'individu frappé*, non dans sa descendance. Non seulement la génétique moléculaire moderne ne nous propose *aucun moyen* d'agir sur le patrimoine héréditaire pour l'enrichir de traits nouveaux, pour créer un "sur-homme" génétique mais elle révèle la vanité d'un tel espoir : l'échelle microscopique du génome interdit pour l'instant et sans doute à jamais de telles manipulations. Chimères de science-fiction à part, le seul moyen d'améliorer l'espèce humaine serait d'opérer une sélection délibérée et sévère. Qui voudra, qui osera l'employer ? »¹⁵¹⁶ Ce refus de l'expérimentation est lié à un interdit au vu de l'échelle microscopique du génome. Or, il serait possible d'interroger Monod sur le fondement de ce respect de la dignité de tout homme, en dehors de la conviction d'une impossibilité physique ou microphysique à se livrer à de telles transformations. En effet, le respect de la dignité de l'homme en tant qu'homme n'est pas dicté en tant que tel par la

¹⁵¹⁴ Emmanuel Hirsch (sous la direction de), (2014) *Traité de bioéthique, fondements, principes, repères*, éd. Cérès.

¹⁵¹⁵ J. Monod (1970), p. 193.

¹⁵¹⁶ J. Monod (1970), p. 207.

connaissance objective. On est en droit en effet de supposer que cette reconnaissance de la dignité humaine ne peut venir que d'une intuition morale. Car si la seule norme devient la connaissance, comment justifier non seulement la dignité mais aussi la liberté et l'égalité de tout homme en droit ? La science ne peut faire valoir ces réalités : il faut une analyse de l'être humain qui repose sur d'autres fondements pour accueillir ces réalités ainsi que celle de la fragilité de tout homme, sa vulnérabilité et surtout, et peut-être avant tout, le sens de sa destinée.

A bon droit, Madeleine Barthélémy-Madaule s'interroge, en disciple de Jankélévitch sur la fragilité d'un fondement de la morale qui ne serait que basée que sur le vrai : « Quel est donc ce « je ne sais quoi » qui est à la base de la morale ? « La véridicité peut être méchante », dit Vladimir Jankélévitch, la connaissance objective aussi, la puissance aussi. Il faudrait peut-être chercher une vérité plus profonde que la vérité du savoir, une communication plus profonde que celle qui transmet des connaissances utiles pour survivre biologiquement. Cette vérité, c'est l'amour qui veut le bien de l'autre. Or l'altruisme ne sortira ni de la connaissance, ni de l'égoïsme « sociologique » ; l'amour est premier ou il n'est pas. »¹⁵¹⁷ Et plus loin, elle ajoute : « Une éthique qui ne parle pas d'abord de l'amour, de la lutte des hommes contre l'oppression de leurs semblables, n'est pas une éthique. Pas la connaissance, mais la reconnaissance qui intègre la première, qui a besoin d'elle, mais l'ordonne au sujet et non plus à l'objet ». ¹⁵¹⁸ « Les valeurs morales sont celles du Bien et du Mal, non du Vrai et du Faux »¹⁵¹⁹ conclut à juste titre Madeleine Barthélémy-Madaule.

Ces prises de contrôle au caractère éthiquement correct par les scientifiques, au sens employé par Monod, contribueront-elles à une véritable éthique au sens de l'*ethos*, comme lieu de vie habitable au service de l'homme ? Le rôle de la connaissance scientifique peut certes consister en partie à informer l'éthique mais en tant que telle apparaît privée du discernement nécessaire pour permettre de décider ce qui est bon.

Il revient donc à l'homme, aux yeux de Monod, de qualifier ce qui sera le bien et le mal. Le §31 du chapitre 9 est à cet égard très éloquent, avec ce passage clé : « Mais alors qui définit le crime ? Qui dit le bien et le mal ? Tous les systèmes traditionnels mettaient l'éthique et les valeurs hors de la portée de l'homme. Les valeurs ne lui appartenaient pas : elles s'imposaient et c'est lui qui leur appartenait. Il sait maintenant qu'elles sont à lui seul, et d'en être enfin le maître il lui semble qu'elles se dissolvent dans le vide indifférent de l'univers. »¹⁵²⁰ Or, en matière de bien et de mal, les avis des uns et des autres peuvent varier. Sur quoi fonder

¹⁵¹⁷ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 196.

¹⁵¹⁸ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 197.

¹⁵¹⁹ M. Barthélémy-Madaule, (1972) p. 196.

¹⁵²⁰ J. Monod (1970) p. 216.

l'obligation morale, hormis la libre appréciation de chacun ? Peut-on envisager une morale sans idée de la conscience d'un bien et d'un mal objectif ? Concernant ces vues, nous avons mis en évidence la proximité de la pensée de Monod avec celle du courant existentialiste. Plusieurs aspects de ce courant mis en évidence par Monod peuvent être discutés, en particulier, l'affirmation selon laquelle il n'y a pas de nature humaine et donc pas plus de droits « naturels. »

Le courant philosophique de l'existentialisme, tel que nous l'avons exposé, en provoquant une rupture entre l'existence et l'être opère un divorce entre l'existence désormais purement factuelle et l'être éclairé par un bien qui lui soit supérieur. Comme le souligne à juste titre Rémi Brague, si l'être est uniquement conçu comme existence, « du coup, l'existence, une fois conçue comme purement factuelle est neutralisée, dépouillée de toute lumière qui viendrait du bien. »¹⁵²¹

Un des tout premiers contre-arguments que l'on peut adresser à l'encontre de la thèse sartrienne, thèse dont Monod, nous l'avons souligné, se sent très proche, est que de cette conception naît un relativisme des valeurs toujours créées par une liberté subjective différente. Ce qui fait que chacun choisit son système de valeurs et ce qu'il choisit peut n'être absolument bon que pour lui. Plus fondamentalement encore, en éliminant la notion de nature humaine, chacun décide de ce qu'est l'homme et donc de ce qui est « inhumain »¹⁵²². Or, ce déni paraît discutable. De plus, l'idée existentialiste qui consiste à envisager que l'être humain n'a pas de nature mais se fait soi-même est valable jusqu'à un certain point car il est vrai que nous sommes responsables de ce que nous devenons et que nous avons à forger notre propre destinée ; mais poussée à l'extrême, cette idée risque de devenir en elle-même incohérente : car s'il est essentiel de tenir au fait que l'on se forme soi-même, en relation avec autrui, que l'on se développe en étant maître de ce que l'on devient en évoluant, il convient également de prendre en compte le fait que nous ne nous sommes pas donné l'existence à nous-mêmes et que l'on reste substantiellement le même de sa naissance à sa mort, que nous le voulions ou non ; par conséquent, sous cet aspect, il n'est pas juste de dire que l'on puisse totalement se faire soi-même. La liberté suppose la nature humaine qui persiste dans le temps, quand bien même celle-ci peut se trouver transcendée par la prise en main par chacun de sa propre destinée, qui n'est jamais en soi, pour cette raison un destin, au sens d'un *fatum* à subir. Car dans la façon même de surmonter des épreuves la plupart du temps imposées, la singularité et la créativité de chacun peut se révéler, donnant un aspect riche d'un sens nouveau et

¹⁵²¹ R. Brague, (2013), *Les ancres dans le ciel*, p. 46.

¹⁵²² J-P. Sartre, (1980) [1943] p. 630.

irremplaçable de chaque personnalité humaine. De ce fait, la liberté apparaît plus comme une capacité ou à une aptitude de libération qui consiste à se libérer de très nombreux conditionnements ou à assumer ses choix de façon personnelle au cœur même de nombreux conditionnements. C'est pourquoi, la liberté peut se donner à comprendre en effet davantage comme aptitude, pour le sujet animé d'une conscience, à se libérer de toutes les aliénations possibles au cours du temps que comme la reconnaissance du fait d'être immédiatement libre. La liberté consisterait davantage en une libération progressive et médiate qu'en une liberté immédiate et instantanée. Si Sartre veut dire que l'en-soi constitue une sorte de tremplin à partir duquel je peux me déterminer, il reconnaît alors déjà à l'en-soi une forme de pré-existence, qui serait l'inné, le donné et qui en ce sens constitue l'essence, fût-elle en germe, sans déploiement encore effectif de ses virtualités. Il semble rationnellement impossible de pouvoir en faire l'économie. S'inspirant des thèses du courant personnaliste, et se confrontant avec les thèses de Sartre, le philosophe Karol Wojtyła dans *Personne et acte*, sans renier l'apport sartrien de la détermination de soi par les actes, ouvre à un point de vue plus large signifiant que l'essence de l'homme se révèle dans sa personne avant, pendant ou après tout acte qu'elle réalise. « La personne, dit-il, -pour résumer l'ensemble des analyses menées dans cette étude-, a été comprise non seulement comme sujet métaphysique de l'existence et du dynamisme humain mais aussi, comme la synthèse, en quelque sorte phénoménologique, de l'efficacité et de la subjectivité. »¹⁵²³ Ainsi la nature humaine ne peut se dissocier de la dimension de la personne : « la base de la cohésion dynamique de l'homme, est-il dit, c'est la nature humaine, autrement dit l'humanité qui pénètre tout le dynamisme de l'homme[...] L'intégration de la nature humaine, de l'humanité, dans la personne et par la personne, entraîne avec soi l'intégration de tout le dynamisme propre à l'homme dans la personne humaine », car précisément « c'est la nature humaine qui a des propriétés telles qu'elles permettent à l'homme d'être une personne. »¹⁵²⁴ Dans *Naître Humain*¹⁵²⁵, l'analyse de Melher et Dupoux va aussi dans ce sens ; les auteurs contestent l'idée sartrienne selon laquelle l'existence précède l'essence en faisant valoir que l'existence d'une nature concomitante à l'existence donnée et reçue ne puisse être niée. Ils insistent sur ce fait indéniable que l'homme est homme dès qu'il est homme et qu'on ne « devient » pas homme, même s'il est incontestable que l'on on a la liberté de modeler sa personnalité et tout son être tout au long de son existence selon et par la valeur de ses choix.

¹⁵²³ Karol Wojtyła, (2011), p. 99.

¹⁵²⁴ Karol Wojtyła, (2011), p. 107.

¹⁵²⁵ J. Mehler et E. Dupoux, (1990) *Naître humain*, Odile Jacob.

Dans ce contexte, un des corollaires de l'existentialisme qui rejoint l'une des nettes affirmations de la part de Monod est que la notion de droit « naturel » n'a plus aucun sens puisqu'il n'y a pas de nature humaine. Cette position vient corroborer l'idée de Monod selon qui la croyance en un droit naturel relèverait de la croyance animiste. Ces deux raisons se conjuguent chez Monod pour asseoir ce refus, lié également au refus de la loi naturelle identifiée chez lui à la loi du plus fort, semblant ignorer en cela la définition classique de la loi naturelle qui est édictée et inscrite en l'homme faisant usage de sa raison et non pas de sa force. Discutons à présent à propos du double rejet de la loi naturelle et du droit naturel par Monod. Dans la 10^{ème} leçon de son cours au Collège de France, Monod précisait déjà, tenant à la seule existence réelle d'un droit positif : « Bien entendu, l'homme n'a pas de droits naturels, il a les droits qu'il s'est conquis et qu'il se définit. » Monod ne reconnaît donc, en matière de droit, que le droit positif, édicté par une société donnée. Monod rejette la loi naturelle parce que pour lui, « il s'agit, comme il l'explique dans *L'Express* de mars 1973 de la loi naturelle : la loi biologique naturelle, c'est la sélection. Et c'est vraiment la loi la plus aveugle, la plus atroce. »¹⁵²⁶ Dans cette perspective, Monod stigmatise en effet « l'idée d'une éthique sociale fondée sur des « droits » supposés « naturels » car elle réalise un amalgame entre éthique et connaissance. « Dans un système animiste l'interpénétration de l'éthique et de la connaissance ne crée pas de conflit, puisque l'animisme évite toute distinction radicale entre ces deux catégories : il les considère comme deux aspects d'une même réalité. L'idée d'une éthique sociale fondée sur des « droits » supposés « naturels » de l'homme exprime une telle attitude qui se révèle aussi, mais de façon beaucoup plus systématique et affirmée dans les tentatives de la morale implicite du marxisme. »¹⁵²⁷ « Les sociétés « libérales » d'Occident enseignent encore, du bout des lèvres, comme base de leur morale un écœurant mélange de religiosité judéo-chrétienne, de progressisme scientifique, de croyances en des droits « naturels » de l'homme et de pragmatisme utilitariste. »¹⁵²⁸

À la lecture de ce texte, n'est-ce pas un contresens de voir en Monod un défenseur des droits de l'homme ? En tout cas, il n'est pas un défenseur de droits « naturels » de l'homme. Il n'existe pas, pour Monod, de « droit naturel » : « L'idée d'une éthique sociale fondée sur des « droits » supposés « naturels » de l'homme exprime l'attitude « de la tentative » animiste. »¹⁵²⁹

¹⁵²⁶ *L'Express* 5-11 mars 1973 p. 146.

¹⁵²⁷ J. Monod (1970) p. 218.

¹⁵²⁸ J. Monod (1970) p. 215.

¹⁵²⁹ J. Monod (1970) p. 218.

Cette perspective rattache certainement encore paradoxalement Monod au courant des fils des Lumières car, comme l'étude de Xavier Martin tend à le montrer,¹⁵³⁰ les idées issues des Lumières ne défendent pas de façon aussi univoque que l'on soutient souvent la notion de droit naturel, vu toute la problématique récente au XVIII^e siècle de la remise en cause de l'idée d'espèce humaine, au contact de la découverte des grands singes, qui montrait de façon nouvelle la réalité de l'évolution.

Et pourtant, il est important de souligner que le droit naturel, n'a jamais consisté à imiter le biologique, encore moins la pratique de la sélection naturelle. Ce que les tenants du droit naturel entendent par cette notion, c'est le droit rationnel, le droit en tant qu'il est accessible à la raison. Sans cette notion, par exemple, on pourrait à bon droit soutenir qu'il n'y aurait pas eu de crime contre l'Humanité au procès de Nuremberg. Pendant la seconde guerre mondiale, les résistants au régime nazi se réclamaient du droit naturel puisque les criminels nazis étaient, quant à eux, parfaitement en accord avec la législation, le droit positif de leur pays. Si ceux-ci étaient condamnables, c'était d'abord au plan du droit naturel. Cette notion semble donc manifestement toujours parfaitement valable, et il convient de se demander s'il existe, en pareilles situations, d'autre recours possible que l'appel à cette notion pour qu'une justice proprement humaine puisse réellement s'exercer.

Une seconde objection consiste à faire remarquer, à l'encontre de Sartre et de Monod, que se trouve réintroduite une forme de normativité par le fait même de qualifier certaines formes de discours ou d'actions d'inauthentiques. En vertu de quelle appréciation peut-il juger de l'inauthenticité de telle ou telle conduite puisque les types de choix émanent de sujets libres qui les décident tels ou tels ? La logique voudrait qu'il n'y ait pas de discrimination entre ces deux formes de choix dont l'un relèverait de l'authenticité et l'autre de l'inauthentique puisqu'elles relèvent toutes deux du sujet libre existant qui se les donne. Y a-t-il un critère de l'authenticité au-delà de la sincérité de chacun ?

Lorsqu'il observe que « plus encore que d'une "explication" que l'éthique de la connaissance ne saurait donner, l'homme n'a-t-il pas besoin de dépassement et de transcendance ? »¹⁵³¹, Monod ne fait que développer une transcendance dans l'immanence, et nie complètement toute autre transcendance possible. Il fait alors de celle-ci un idéal qui « transcende » l'individu ; en fait cet idéal ne fait pas plus que dépasser le savoir objectif de chaque individu, en intégrant la somme totale de toute la connaissance objective jamais acquise, et donc reste bien dans la

¹⁵³⁰X. Martin, (1994), *Nature Humaine et Révolution Française*, éd. D.M. Morin.

¹⁵³¹J. Monod, (1970) pp. 221-222.

pure sphère de l'immanence humaine. Le relativisme d'une telle éthique, et le risque de dérive d'une éthique qui deviendrait purement arbitraire, confiée, par exemple, strictement aux mains d'experts, est cependant tempéré par ce consensus universel auquel Monod invite tous les hommes de science et de culture à adhérer, lui qui invite à un nouvel humanisme à travers un « socialisme authentique ».

Une fois rejetée une source objective d'obligation morale, laissée à l'appréciation de chacun, on comprend que la morale ne puisse plus se fonder que sur accord de type contractualiste, comme le voulait Rousseau et dont Kant se souviendra, ou sur un accord de type procédurale, à la façon dont Rawls fait entendre que c'est finalement une certaine idée du juste qui fonde le bien et non l'inverse. Car, comme le fait observer Paul Clavier dans son exposé didactique portant sur la nature du bien, « faute d'une enquête métaphysique sur l'existence d'une source objective d'obligation morale, l'éthique substantielle est fatalement éclipsée par une éthique procédurale ou contractualiste. »¹⁵³² Or, chez de nombreux philosophes, dès Platon, puis les néo-platoniciens, chez Aristote, chez certains stoïciens, mais aussi dans la tradition juive, chrétienne et islamique, il y a une Idée du Bien qui est « cause productrice des réalités et en même temps la fin que celles-ci cherchent à atteindre »¹⁵³³. Cette notion de Bien Fin est considérée comme efficiente par certains penseurs, y compris en dehors d'une perspective théiste. Murdoch, par exemple, envisage la notion objective de transcendance du Bien Fin, lui pour qui « l'image du Bien comme attracteur transcendant semble être la représentation la moins dégradée et la plus réaliste qui puisse nous servir dans nos réflexions sur la vie morale. »¹⁵³⁴ Hans Jonas dans *Le principe responsabilité* définit lui aussi le Bien, sans une référence explicite à un Bien transcendant. Le Bien est compris par ce dernier comme la capacité à remplir une fin. Voici en quels termes est explicité ce point de vue : « Nous pouvons former le concept d'un « bien » spécifique et de son contraire et celui des degrés intermédiaires à propos de choses et de liens entre choses différentes : en présupposant que - et dans la mesure où - nous nous pouvons percevoir des « fins » effectivement dans les choses elles-mêmes, comme faisant partie de leur nature. C'est le « bien » dans la mesure de son aptitude à une fin. »¹⁵³⁵ Karol Wojtyła, dans l'essai déjà cité, est très clair sur le fait que les biens représentés par différents objets sont en lien avec un principe de vérité : « L'opposition du bien et du mal si essentielle pour la moralité, dit-il, suppose le fait que le vouloir de tout objet dans l'action humaine se réalise suivant le principe de la vérité concernant le bien que

¹⁵³² P. Clavier *Qu'est-ce que le bien ?* Chemins philosophiques, éditions Vrin, 2010.

¹⁵³³ P. Clavier (2010) p. 50.

¹⁵³⁴ I. Murdoch, *La souveraineté du bien*, p. 93.

¹⁵³⁵ H. Jonas, (1990) *Le principe responsabilité*, pour la trad. française le Cerf, p.108.

ces objets représentent. »¹⁵³⁶ Autrement dit, il y aurait des biens que l'homme pourrait se représenter comme tels et qui en fait n'en seraient pas, car ce seraient de faux biens. Dans cette perspective, nous voyons combien vérité et bien sont indissociables. Il est caractéristique de cette philosophie de la personne que l'inauthenticité soit plus liée ici au conformisme ou à la dérobade,¹⁵³⁷ qui toutes deux sont des attitudes de lâcheté face à la désignation des biens, qu'énonce la conscience morale, plutôt que dans la non reconnaissance du principe d'objectivité de la science.

De plus, de toute nécessité pour l'être humain, il convient pour vivre et perpétuer la vie d'avoir des raisons de vivre qui vont au-delà de l'instinct de survie programmé, tel que Monod l'envisage. D'une part, pour ce faire, il convient en premier lieu de considérer la vie comme un bien conservé grâce à l'espérance d'un sens que l'on peut rechercher et donner à cette vie . C'est tout le sens des propos tenus par H. Friedel, dans sa lettre à Monod du 15 avril 1971, dont voici un extrait : « Une éthique de la connaissance de soi-même est cent fois plus applicable dans la vie quotidienne qu'une éthique de la connaissance de l'univers. Mais se connaître soi-même comme un pur combiné de hasard et de nécessité, c'est s'interdire tout choix libre, donc toute éthique en dehors du strict domaine de la recherche scientifique. Ce que Monod appelle une éthique n'est qu'une règle fondamentale de l'analyse du réel, mais rien de plus. Cela ne va pas loin. Toute éthique personnelle est un défi à la nécessité et toute éthique politique est un défi au hasard. L'une comme l'autre ne peut servir la vie humaine et donner de la joie aux hommes qu'à condition de bien connaître l'invariant, c'est-à-dire l'espèce humaine et de conquérir une liberté totale vis-à-vis de tout ce qui a pu faire peser la nécessité sur les hommes jusqu'à l'instant présent, en acceptant d'aimer l'avenir comme on aime une personne. (...) Le Royaume ne se constate pas et ne se reçoit pas, on s'en empare de vive force. Cette force, nous la tirons de nos aliments, mais ce qui lui donne son sens, c'est une espérance qu'aucune analyse ne peut cerner. »¹⁵³⁸ Or, on aime l'avenir et on est ouvert au futur dans la mesure où l'on reçoit la vie comme un bien. Comme le dit Rémi Brague, « pour que l'humanité continue à exister, il faut que les hommes se fondent sur l'idée, explicite ou implicite, que la vie est un bien. Elle doit être un bien non pas seulement pour ceux qui la donnent mais tout aussi décidément pour ceux qui la reçoivent. »¹⁵³⁹ Pour accentuer cet aspect esquissé dans cette lettre citée plus haut, sans que le point de vue énoncé soit totalement justifié, nous pouvons souligner ici avec H. Jonas qu'un sous-bassement métaphysique paraît indispensable pour fonder une éthique, pour qui « le premier principe d'une "éthique de la

¹⁵³⁶ Karol Wojtyła, (2011), p. 162.

¹⁵³⁷ Karol Wojtyła, (2011), pp. 326-327.

¹⁵³⁸ H. Friedel, Lettre à Monod du 15 avril 1971, éd Kimè p. 198.

¹⁵³⁹ R. Brague, (2013), *Les Ancres dans le ciel*, p. 106.

futurité" ou « éthique d'avenir » ne se situe pas dans l'éthique comme théorie de l'action mais bien dans la métaphysique fondée sur une « idée ontologique, »¹⁵⁴⁰ l'idée de l'homme. Cet auteur souligne que « nous ne pouvons pas faire l'économie de l'excursion risquée dans l'ontologie.[...] La foi, poursuit-il, peut très bien procurer à l'éthique le fondement, mais elle-même n'est pas disponible sur commande [...] La métaphysique en revanche a été depuis toujours une affaire de la raison et celle-ci se laisse mobiliser quand il le faut[...] le philosophe séculier qui s'efforce d'établir une éthique doit au préalable admettre la possibilité d'une métaphysique rationnelle, nonobstant Kant, à moins que le rationnel ne soit déterminé exclusivement d'après les critères de la science positive. »¹⁵⁴¹

D'où une certaine faillite de la pensée de Monod, concernant l'idée d'un salut par la science, qui sauverait l'humanité d'un gouffre de ténèbres. On ne peut faire l'économie d'une conscience morale qui doit opérer le discernement nécessaire, une fois pris en compte les paramètres scientifiques qui, certes, ont toute leur importance mais qui ne comprennent pas l'intégralité des ressources humaines. C'est tout le sens de la critique de Gérard Toulouse, extraite de son article intitulé « Le mouvement éthique dans les sciences : pourquoi maintenant, pourquoi si tard ? », extrait du compte rendu par le CNRS du colloque de l'Unesco : « le projet de Jacques Monod, dit ce dernier, visant à purifier un « écœurant mélange » en refondant l'éthique sur la science (selon le modèle de l'éthique de la connaissance) apparaît rétrospectivement, comme une forme extrême de recherche du salut dans la science et comme une impasse. Face aux menaces de la civilisation technologique, c'est au contraire le souci de rassembler les ressources intellectuelles et morales dans une délibération collective, qui s'est affirmée au cours de la décennie suivante. »¹⁵⁴²

La responsabilité peut-elle recevoir un fondement dans la perspective d'une telle métaphysique matérialiste ? Le sujet, en tant qu'il considère la valeur de la connaissance objective comme valeur suprême, peut-il être au fondement d'une éthique ? De quelle responsabilité le sujet est-il, dans cette perspective, redevable ? Monod va considérer la transcendance comme émanant de l'homme, l'homme la « créant » en posant cette valeur de la connaissance vraie comme la seule valeur « transcendante ». Mais remarquons que pour Monod nous trouvons une transcendance dans la relativité toute humaine d'un choix de valeur reposant sur la subjectivité humaine.« L'homme est créateur et dépositaire de la

¹⁵⁴⁰ H. Jonas, (1990), p. 95.

¹⁵⁴¹ H. Jonas, (1990), pp. 98-99.

¹⁵⁴² Gérard Toulouse, « le mouvement éthique dans les sciences : pourquoi maintenant, pourquoi si tard ? », extrait du compte rendu par le CNRS du colloque de l'Unesco à Paris (2004), p. 107.

transcendance. »¹⁵⁴³ Cette proclamation ôte à la notion de transcendance tout autre sens, celui qui en particulier visant la possible présence d'un créateur, au sens classique d'un créateur qui ne fait pas nombre avec sa créature mais qui lui confère la vie, et l'être même. Dans ce contexte, il serait totalement exact de dire que l'homme est bien dépositaire de la transcendance ; qu'il en soit créateur n'aurait pas de sens ; en revanche, qu'il en soit co-créateur en revêtirait un tout à fait envisageable. Ce rejet de toute transcendance divine ne va pourtant pas de soi. Il est instauré au confluent de trois courants de pensée qui se rejoignent tous dans cette option de l'athéisme contemporain dont Monod tente d'instaurer les bases en biologie : le rationalisme qui coupe court à toute forme de pensée religieuse, considérée comme une superstition archaïque, le nihilisme qui proclame, à la suite de Nietzsche, une nouvelle création des valeurs par-delà le bien et le mal et reconnaît dans l'art le seul nouveau moyen d'expression valable, après la disparition des « arrières-mondes » et enfin l'existentialisme dont nous allons continuer d'entrer en débat dans ce qui suit, et qui, à la suite de Husserl ne reconnaît qu'une « transcendance au sein de l'immanence. » Sous l'influence du courant rationaliste, Monod instaure une sorte d'identité entre animisme et théisme car il est clair que c'est au nom du rejet de l'animisme qu'il nie le théisme, ce qui paraît constituer un amalgame totalement illégitime. En effet, ce n'est pas parce que les hommes ont eu le tort effectivement de prêter à la nature des sentiments et une forme de conscience et à partir de là se montrer superstitieux en pensant pouvoir, par exemple, détourner certaines forces naturelles à leur profit selon un certain fétichisme, que cette conduite erronée est à confondre avec l'acte de la raison qui, éclairée par la vue d'un Bien absolu possible, se tourne avec reconnaissance vers un créateur qui est à la source même de sa vie, et qui lui apparaît dès lors comme le donateur de tout bien.

De toute façon, la nécessité d'un fondement de l'obligation morale apparaît clairement.

Monod envisage bien une responsabilité personnelle, mais celle-ci, pour être authentique, doit uniquement consister en la reconnaissance du postulat d'objectivité : mais au nom de quoi celle-ci se bornerait-elle à prendre en main les progrès de la connaissance objective, en se lançant ce seul défi de quête et de conquête, comme le seul digne de gloire et capable de susciter l'enthousiasme ? Certes, nous avons souligné l'aspect exaltant de cette démarche conquérante qui cherche à développer le savoir de la connaissance scientifique mais les limites en sont pourtant très présentes : celle-ci ne justifie pas une conduite responsable en matière de secours porté au prochain ou de communion dans l'amour. Est-il question de la défense du faible dans cet horizon de l'éthique de la connaissance ? Rappelons que l'éthique

¹⁵⁴³ J. Monod, (1970) p. 222.

nietzschéenne dont se réclame Monod voit dans le sentiment de compassion, un mépris du prochain. C'est ce qu'affirme Nietzsche lors de sa critique des émotions altruistes dans la *Généalogie de la morale*. Il convient de souligner que la considération du plus faible, du plus petit en effet risque de ne plus recevoir aucune raison de motivation dans une telle perspective, puisque l'homme n'est plus au centre de l'éthique. Sur cette question du souci du semblable, et spécialement du plus faible, et à propos de la nécessité d'un fondement aux droits inaliénables valables pour tout homme, la conclusion de Paul Clavier, comparant les deux types de métaphysique, naturaliste et théiste, est qu'une métaphysique concevant la vie comme un don reçu de l'être suprême donateur de vie a plus de chances, en ce sens, *a priori* de se montrer humaniste : « En clair une métaphysique de l'être suprême est a priori plus humaniste qu'une métaphysique naturaliste qui définirait l'homme par sa seule performance biologique. »¹⁵⁴⁴ En effet, l'éthique de la connaissance n'a pas à respecter le prochain inconditionnellement, sauf comme co-acteur de ce dépassement de tout un chacun en vue d'édifier le monument de la science. Monod n'envisage pas non plus de véritable communion dans l'amour puisqu'il ne voit dans le rapprochement des corps qu'une façon pour l'espèce de perpétuer l'invariance. Il est clair que dans un monde soumis à de telles instances, la notion de responsabilité semble difficile à établir. Le jugement suivant de P. Clavier éclaire tout à fait ce propos : « Dans un univers existant de lui-même, dit ce dernier, les régularités structurelles et dispositionnelles sont de purs accidents, la prévisibilité des enchaînements causaux un pur hasard, le pouvoir causal mental un phénomène inexplicable. L'exercice de la responsabilité morale est alors compromis. »¹⁵⁴⁵

Rémi Brague pose la question de la responsabilité de façon radicale : l'homme responsable de quoi au juste ? Et donne à son sujet une réponse tout aussi radicale : « Je puis répondre : rien d'autre que d'être. »¹⁵⁴⁶

Au chapitre 9 « Le Royaume et les ténèbres », nous l'avons vu, l'homme est dit « le créateur et le dépositaire de cette transcendance. »¹⁵⁴⁷ Monod parle de « proposer un idéal qui « transcende » l'individu au point de justifier, au besoin, qu'il s'y sacrifie. » Transcende ici ne signifie que dépasser, en le subsumant, mais toujours en restant dans l'immanence : ce serait au mieux un idéal que l'homme se propose mais toujours dans l'horizon de la connaissance humaine, c'est-à-dire restant immanent à la condition humaine, même si c'est un but qu'elle se propose.

¹⁵⁴⁴ P. Clavier, (2012), p. 115.

¹⁵⁴⁵ P. Clavier, (2017), p. 100.

¹⁵⁴⁶ R. Brague, (2013), p. 216.

¹⁵⁴⁷ J. Monod, (1970), p. 222.

Monod insiste sur le fait que cette éthique n'est pas au service du bonheur de l'homme mais propose uniquement comme la connaissance vraie comme valeur à laquelle il est possible de tout sacrifier.

Cependant, on est en droit de se demander que serait, dans cette perspective, le sort de l'homme et que deviendrait l'homme lui-même qui ne serait plus qu'un moyen totalement instrumentalisé uniquement en vue d'une promotion de la connaissance objective ? Un des critères éthiques de l'authenticité d'un homme, est sans doute que les actions de celui-ci soient conformes à ses discours, et qu'il n'y ait pas de duplicité entre les deux. C'est pourquoi, nous choisissons ici de nous référer de nouveau à la parole d'un homme d'action dont on ne peut nier la qualité des œuvres humanitaires, qui a pris le temps de répondre à Monod, pour manifester ce qui, à ses yeux, constituait les limites de cette éthique de la connaissance.

Un extrait de la lettre que l'Abbé Pierre adresse à Monod le 2 janvier 1971¹⁵⁴⁸, que nous avons déjà eue l'occasion de citer par ailleurs, est éloquente à cet égard : elle se fait ici le porte-voix de ceux qui, en réponse à cette éthique de la connaissance bien limitée, veulent opter pour une civilisation de l'amour, rendue possible par l'impact d'actes humains librement choisis en faveur de la vie et du bonheur d'autrui. Il s'adresse directement à l'auteur de *HN* en ces termes : « Vous avez raison d'en témoigner : le microscope ne saisit rien de l'Éternel ni rien ne Le saisit.....mais celui qui dit « Non » à l'injustice,.....Mais celui qui va, par vrai amour, à rebours de tout profit, pour que soit servi premier le plus petit, ... dans la saveur inexprimable qui jaillit en lui, il sait bien que l'Éternel insaisissable le saisit, et minuscule étincelle de liberté, juste assez pour être capable d'aimer, il sait bien que, dans ce commencement d'amour, il est aimé par l'Aimable infini, dont tout en lui était autant signe, en creux, qu'impatiente faim et soif. » La fin de la lettre de l'Abbé Pierre citée suggère la possibilité d'une réalité autre, qui dépasse l'ordre scientifique. « La rencontre, termine-t-il en effet, est d'un autre « ordre » que celui des hasards de la matière, alors même que l'accompagnent les mouvements de la matière. » Il est intéressant que la référence à la notion d'ordre empruntée à Pascal ici soit mentionnée. L'éminent scientifique promouvant la connaissance vraie a très bien montré, par sa vision des trois ordres, en quoi l'ordre de la charité transcende et dépasse totalement l'ordre de la connaissance vraie : « Tous les corps ensemble et tous les esprits ensemble ne valent pas le moindre mouvement de charité ; cela est d'un ordre infiniment plus élevé. »¹⁵⁴⁹ Cependant ce nouvel ordre est un chemin de rencontre entre les hommes qui est une invitation à l'amour, que les résultats scientifiques en tant que tels ne peuvent programmer d'aucune manière. Cette remarque se trouve enrichies par

¹⁵⁴⁸ Abbé Pierre à Monod, Lettre publiée dans *Faims et soifs des hommes*, n°13, fin février.

¹⁵⁴⁹ Pascal, (1963), *Pensée* 308-793, p. 540.

ces propos d'une seconde lettre écrite le 4 mars 1971 où l'Abbé Pierre fait signe vers « *une autre sorte de connaissance* » qui éclate en l'homme, dit-il et le comble sans le lasser, à mesure qu'il parvient à aimer de façon réelle (au service des autres et en adoration...) Mais comment dire cela avec nos mots ? Car nos mots sont trop petits. Cela se vit et se communique, et chacun le sait bien, à chaque acte sur ce chemin de rencontre. »

En termes plus philosophiques, selon la perspective ouverte par Jonas, « l'archétype de toute responsabilité est celle de l'homme envers l'homme. »¹⁵⁵⁰ Ce « oui » à la vie qui est un devoir qui incombe à l'homme qui ne peut renier son propre bien est aussi bien un oui à la vie d'autrui dont je suis également responsable. Jonas est certes sensible à l'aspect précaire, évanescent de l'être humain, qui est voué à la finitude par sa mort inéluctable, comme tout vivant, mais à la différence de Heidegger pour qui l'homme doit reconnaître en lui la dimension du « souci » après avoir pris la mesure du néant qui l'attend, Jonas insiste sur la protection de tout homme par chacun. Le « souci » devient protection de l'autre. « Tout être vivant est sa propre fin qui n'a pas besoin d'une autre justification, et de ce point de vue l'homme n'a aucun avantage sur d'autres vivants si ce n'est que *lui seul peut* également avoir une responsabilité pour eux aussi, autrement dit, celle de garder leur fin propre. »¹⁵⁵¹

Jonas soutient, nous l'avons-vu, que le fait d'avoir des fins est un bien en soi. Il fait remarquer qu'il est plus facile de connaître le mal que le bien.¹⁵⁵² S'il ne fait pas reposer nécessairement ce bien sur la foi en un être transcendant, quoique celle-ci puisse à ses yeux constituer un véritable fondement à l'éthique, il exprime cependant clairement le fait que « c'est à la métaphysique qu'il revient de dire pourquoi l'homme a l'obligation d'exister » ; « pourquoi » dans le sens du « pour quoi vaut-il la peine », au sens de Ricœur, d'exister.

C'est tout le sens de l'entreprise d'une analyse rationnelle menée, par exemple, par Swinburne dans *La probabilité du théisme* qui s'interroge rationnellement sur la raison du fait que nous sommes dans un monde qui permet la responsabilité morale, rendue possible par la prévisibilité courante des effets d'une action, sur le fait également que l'homme peut faire preuve d'actes héroïques qui ne sont pas systématiquement déterminés par des actes réflexes, dans un monde où la faculté est donnée à l'homme d'exercer diachroniquement cette liberté par la médiation d'un corps spatialisé et de recourir à la possibilité d'un accès à une source d'obligation universelle.¹⁵⁵³ Dans la réflexion que mène Levinas, tirant les leçons d'un siècle de cruauté, nous retrouvons en écho cette perspective dans la réhabilitation d'une hétéronomie. Dans *Difficile liberté* le philosophe exprime la pensée d'une ouverture de la

¹⁵⁵⁰ H. Jonas, (1990), [1979 éd. allemande], p. 193.

¹⁵⁵¹ H. Jonas, (1990), [1979 éd. allemande], p. 193.

¹⁵⁵² H. Jonas, p. 66.

¹⁵⁵³ R. Swinburne, (2015), p. 271 et p. 281.

liberté à autre que soi, qu'il s'agisse d'autrui ou de Dieu. « La relation éthique apparaît au judaïsme comme relation exceptionnelle : en elle, le contact avec un être extérieur, au lieu de compromettre la souveraineté humaine, l'institue et l'investit. »¹⁵⁵⁴ L'homme est bien le « gardien de son frère ». D'où le fait aussi que l'on trouve mise en exergue d'*Autrement qu'être ou au-delà de l'essence* cette parole dans Ézéchiel : « De son sang, je te demanderai compte. » Levinas voit dans la tradition hébraïque une nouveauté totale, très distincte par rapport à toute la tradition occidentale qui fait prévaloir l'autonomie du moi. « Le discours authentique fonde la science, »¹⁵⁵⁵ selon les propres termes de Monod. « Ce discours authentique », quel est-il ? Il s'agit du discours fondé par l'éthique de la connaissance, « cette éthique, « austère », « abstraite », « orgueilleuse, » comme en convient Monod.¹⁵⁵⁶ Est-ce à dire que Monod soutienne la légitimité d'un seul type de discours et que tous les autres types de discours se trouveraient disqualifiés en tant qu'inauthentiques ? On peut se demander alors, au vu de la norme de tout discours, si certains types de discours ne se trouvent pas définitivement disqualifiés, comme le discours de la poésie tout aussi bien d'ailleurs que le discours métaphysique ? Un type de discours qui chercherait à répondre à des interrogations métaphysiques et également tout type de discours théologique se référant aux grands textes fondateurs des différentes religions monothéistes, par exemple, seraient-ils exclus comme inauthentiques ? Si Monod veut signifier, par-là, qu'ils sont exclus du discours scientifique, en tant qu'ils n'appartiennent pas à la science, cette démarcation est non seulement tenable mais souhaitable et va dans le sens de la cohérence interne que demande la stricte observance du postulat d'objectivité. Ils seraient inauthentiques, sous le rapport de la science. Cependant si par-là Monod entend qu'ils sont exclus de la connaissance humaine, dans un sens plus large que ce qui est retenu par la science, en ce sens que, sous un rapport autre que celui de la science, ils seraient et demeureraient par leur fonction même, et dans leur essence même, inauthentiques, cela deviendrait largement discutable.

Pour fonder une éthique qui soit intégrale, au sens où elle permettrait à l'homme de s'accomplir en lui conférant toute sa dignité, Jean Michel Maldamé dégage trois éléments essentiels : réaliser de façon singulière et originale ses potentialités, se considérer comme responsable d'autrui, s'ouvrir à la personne infinie du Dieu transcendant. « En premier lieu, tout être humain se doit de réaliser ses richesses potentielles en leur donnant un visage particulier. Par ce processus de construction de soi, un être advient dans la liberté à sa personnalité. La deuxième dimension de la responsabilité vis-à-vis d'autrui ou le souci d'autrui

¹⁵⁵⁴ E. Levinas, (1963), *Difficile liberté*, p. 32.

¹⁵⁵⁵ J. Monod (1970), p. 221.

¹⁵⁵⁶ J. Monod (1968), *Raison présente*, n°5, « La science, valeur suprême de l'homme », p. 17.

est inséparable de la première. » A ces éléments, qui disent le fondement de toute éthique, il faut ajouter la remarque suivante qui rejoint les propos que l'Abbé Pierre tient à Monod : « La nature humaine comme projet de vie se caractérise par une ouverture qui n'est pas rassasiée. Elle porte la marque de l'infini. Ainsi, l'être humain n'est pas enfermé dans la relation avec ses semblables ; il est apte à rencontrer le divin. Si certains placent le divin dans la totalité de la nature sacralisée, voire divinisée, la tradition monothéiste a le souci de la référence à une source de l'être qui n'est pas un élément du monde ni sa totalisation (...) La condition humaine est alors comprise en termes d'appel. Le don de la vie et son dépassement dans la relation avec un Dieu transcendant, loin d'être une violence, est un accomplissement ; la nature s'accomplit dans une participation à la vie divine (...) Ainsi l'homme microcosme du macrocosme est-il celui qui accomplit pour ouvrir sur l'eschatologie ce temps où, pour la foi chrétienne, Dieu sera tout en tous, non seulement les êtres humains mais un cosmos réconcilié. »¹⁵⁵⁷

Pour opposer à Monod analysant la cause du « malaise » dans notre civilisation, on peut faire valoir les arguments, opposés point par point aux arguments de Monod, utilisés par Soljenitsyne dans son discours à Harvard¹⁵⁵⁸ sur l'homme occidental privé de la transcendance divine. Il déplore, comme Monod, le fait que le « monde soit creusé de failles plus profondes, plus larges qu'on ne croit au premier abord. » et le « sentiment d'un malaise qu'on ressent devant l'éclatement du monde. »¹⁵⁵⁹ Ce discours dénonce également le fait que l'homme se mente à lui-même, mais Soljenitsyne attribue ce fait au renoncement de l'homme contemporain à la dimension d'une présente transcendante au monde et à l'homme et qui s'interprète comme sa raison d'être. Cet écrivain, à la suite de Pascal, « pour qui l'homme passe infiniment l'homme » affirme en effet qu'il est à considérer le fait qu'il puisse y avoir plus haut que l'homme : « Le chemin que nous avons parcouru depuis la Renaissance a enrichi notre expérience, mais nous avons perdu le Tout, le Plus-Haut qui fixait autrefois une limite à nos passions et à notre irresponsabilité. »¹⁵⁶⁰ Par conséquent, « le monde , aujourd'hui, est à la veille sinon de sa propre perte, du moins d'un tournant de l'Histoire qui ne le cède en rien en importance au tournant du Moyen Age sur la Renaissance : ce tournant exigera de nous une flamme spirituelle, une montée vers une nouvelle hauteur de vues, vers un nouveau mode de vie où ne sera plus livrée à la malédiction, comme au Moyen Age, notre

¹⁵⁵⁷ J. M. Maldamé, (2010) « Le concept de nature à l'articulation des savoirs », *Revue trimestrielle de recherches de science religieuse*, pp. 217-243.

¹⁵⁵⁸ A. Soljenitsyne, (1978) *Le déclin du courage*, Seuil.

¹⁵⁵⁹ A. Soljenitsyne, (1978) p. 9.

¹⁵⁶⁰ A. Soljenitsyne, (1978) p. 53.

nature physique, mais où ne sera pas non plus foulée aux pieds, comme dans l'ère moderne, notre nature spirituelle. »¹⁵⁶¹ Là où ce discours revêt une véritable portée quant à notre sujet, c'est qu'il donne des arguments exactement opposés à ce que soutient Monod à propos de l'identification de la cause du malaise de notre société. En effet, pour Soljenitsyne, tout le mal de notre société avec ses mensonges et ses perversions est lié précisément à la disparition de la considération d'une possible transcendance divine ; là où pour Monod, tout au contraire, ce mal est lié en grande partie au maintien de la croyance en celle-ci qui pourtant n'a plus aucunement de raison d'être et qui crée, par sa survivance même, alors que désormais niée par la science, un profond malaise : ce « mal de l'âme » dont la présence, par ailleurs, est de plus en plus niée, dès lors que le dualisme cerveau/esprit est envisagée comme une illusion. Philippe Nemo, en appelle, lui aussi, à une reconstruction spirituelle, en énonçant que « pas plus que celui d'hier, l'homme d'aujourd'hui ne peut se résoudre à ce que sa vie individuelle et sociale n'ait d'autre fin que le fait nu de "vivre" »¹⁵⁶² Il fait valoir que « la conscience intime de l'homme perçoit ce non-sens comme une erreur. »¹⁵⁶³

Il est vrai que les tragédies du XXe siècle exacerbent la révolte contre un Dieu possible laissant se faire tant d'atrocités et d'aucuns préfèrent le nier, vu son silence jugé intolérable. Dans *Entre nous*, Levinas fait remarquer que cette « foi sans théodicée est plus difficile que naguère » puisque après un siècle d'atrocités où Dieu semble se taire, toute théodicée ne paraît plus acceptable.¹⁵⁶⁴ Cependant le philosophe pense cette « nouvelle modalité dans la foi d'aujourd'hui », est une « modalité très essentielle à la modernité qui se lève. »¹⁵⁶⁵ Le terme de transcendance analysé par Levinas s'emploie par analogie, pourrions-nous dire, dans la relation à autrui car c'est là que Dieu parle « pour la première fois » ; en effet, si ce terme est employé pour montrer « cette irruption du visage de l'autre qui se donne à moi dans un face à face, c'est comme par analogie à cet appel divin transcendant en moi qui me fait avoir souci de lui et non seulement veiller à ce qu'il ne meure pas, mais au contraire à veiller à ce qu'il vive ; car « il y a la parole de Dieu en autrui. »¹⁵⁶⁶ Levinas juge que le visage de l'autre me révèle la présence d'un Dieu caché en lui, qui lui donne sa vie et sa dignité. Les récits de pardon envers leur bourreau de personnes martyrisées par les nazis, tel celui de Maïti Girtanner, sont relatés et rendus explicables par les victimes uniquement à la lumière de leur foi en un Dieu transcendant qui donne sens à leur amour plus fort que la mort.

¹⁵⁶¹ A. Soljenitsyne, (1978), p. 56.

¹⁵⁶² Philippe Nemo, (2012), *La belle mort de l'athéisme moderne*, p. 148

¹⁵⁶³ Philippe Nemo, (2012), p. 148.

¹⁵⁶⁴ E. Levinas (1991) *Entre nous*, le livre de Poche, Grasset, p. 111.

¹⁵⁶⁵ E. Levinas (1991) p. 112.

¹⁵⁶⁶ E. Levinas, (1995), *Altérité et transcendance*, livre de poche, Fata Morgana, p. 114.

Il est urgent, je crois, de soutenir, dans le contexte actuel, que toutes les tentatives qui mettent l'homme au service de la science et non pas la science au service de l'homme risquent de tourner au désastre pour la civilisation humaine toute entière. Le gouffre sous nos pas n'est pas tant de s'accrocher à une croyance qui fait de l'homme un don précieux que de ne plus croire en la dignité de l'homme dévalorisée de manière notoire par une science pensant pouvoir affirmer, en s'appuyant sur ses résultats scientifiques toujours provisoires, partiels et précaires que l'homme n'a pas d'importance. J-P. Changeux est conscient de ce danger et en appelle à l'art pour compléter la connaissance strictement scientifique : « L'art, enfin, dit-il, peut contribuer à cette réconciliation « communicationnelle », en cimentant par la subjectivité les progrès objectifs de la connaissance en vue « d'une vie bonne, avec et pour les autres, dans des institutions justes. »¹⁵⁶⁷ Cette vue des choses ne recèle-t-elle pas quelque chose d'utopique, car l'art à lui seul, ou ce qu'il est convenu d'appeler tel, peut aussi bien se retourner contre soi-même, autrui ou contre une société lorsqu'il vise, à petits bruits ou grands cris, leur dissolution ? Rappelons que l'appel à l'art a déjà été utilisé en ce sens par Nietzsche, pour qui, rappelons-le, l'absurdité de la vie pouvait être magnifiée et figurée au cœur de toutes les audaces d'un art lucide, inspiration reprise par tout un courant d'artistes nihilistes qui visent à afficher, et entendent souvent s'y complaire, par esprit de révolte et de cynisme, toute la laideur du monde. Or, la beauté dans l'art a rapport avec le bien, et ne peut donc être, comme le voulait sans doute à tort Nietzsche « par-delà le bien et le mal. » Au contraire, n'est-il pas plus porteur de penser, comme le suggère Platon dans le *Timée*, que « si le bon n'est pas loin du beau, tout ce qui est bon est beau. »¹⁵⁶⁸ ?

Nous pensons avec Paul Ricœur la nécessité d'inscrire l'éthique dans un cadre religieux, en tant que seul capable de reconnaître la dimension sacrée de la vie dont la reconnaissance est seule en mesure de donner au vivant le courage d'honorer celle-ci en tant que telle. Dans *La Nature et la règle* : « Je place le religieux dans l'approbation fondamentale qui vient de plus loin que moi, de plus haut que moi, dans mon courage de vivre en faisant prévaloir la bonté sur le mal dont j'ai fait à la fois la déploration et l'aveu de la radicalité. Le fait que le mal soit toujours là ne fait pas de nous une espèce condamnée, parce que nous sommes fondamentalement approuvés et aidés dans notre courage de vivre. Selon la formule du théologien protestant Paul Tillich, « le religieux est le courage d'être. »¹⁵⁶⁹

¹⁵⁶⁷ J-P. Changeux, (1995) p. 22.

¹⁵⁶⁸ Platon, (1969), *Le Timée*, 87b, p. 464.

¹⁵⁶⁹ Paul Ricœur et Jean-Pierre Changeux, p. 225 et p. 332.

Par conséquent, l'on peut conclure que s'il s'agit d'une volonté de destitution, de la part de Monod, du théisme avec l'idée que cette métaphysique est périmée et témoin d'une ancienne civilisation désormais caduque, dont il annonce la transformation, sous l'effet d'une transmutation radicale, il confondrait alors son refus de l'animisme avec une thèse qui a pour elle une grande plausibilité. Certes, quand Monod affirme que « l'ancienne alliance est rompue », ¹⁵⁷⁰ s'il veut dire par là que l'homme objectif ou objectivé par la science, n'a pas de lien ni avec l'animisme ni avec Dieu, il veut dire quelque chose de strictement scientifique, qui ne fait que dire autrement ce qu'il affirme tout au long de son écrit à savoir que l'animisme est mort. Si en revanche, il signifie par l'homme la totalité de l'homme, compris radicalement dans son existence, et qu'il la pense coupée de toute donation d'être qui précisément lui conférerait cette existence, il outrepasserait alors ses compétences de scientifique. L'alliance d'un créateur avec l'humanité est pourtant tout l'enjeu d'une métaphysique théiste, et cette alliance-là, précisément ne peut être dite rompue par aucun résultat scientifique, s'il est vrai que le créateur donne l'être à tout ce qui est, et que par conséquent, son existence n'est pas à mettre en balance ou en concurrence avec la recherche scientifique qui, elle, se fixe de travailler sur ce qui est déjà là. Or, excluant une métaphysique théiste par principe, il est clair que Monod ne pourrait pas la rejoindre. Il est pourtant évident que l'animisme que Monod pourfend comme non scientifique n'implique pas logiquement, comme nous l'avons mis en évidence, de rejeter une position métaphysique théiste. C'est cette confusion entretenue par Monod qui rend le débat avec toute métaphysique autre que matérialiste difficile. Et pourtant cette confusion repose sur l'erreur de penser que le théisme implique nécessairement l'animisme, alors qu'il en est au contraire clairement distinct. Nous avons montré que des ouvertures sont pourtant possibles dans cette direction, en partant des thèses mêmes de Monod, portant sur la téléonomie du vivant d'une part et d'autre part sur la transcendance dont l'être humain est dépositaire, et la part de créativité qui lui revient en matière de normes morales.

Cependant, il est clair que la vie en tant que telle semble pouvoir être reconnue beaucoup plus aisément comme un bien quand elle est reconnue comme découlant métaphysiquement d'une source de vie qui est le Bien absolu, à laquelle elle est appelée en tant que telle à participer. Rémi Brague va jusqu'à souligner, en ce sens, que l'athéisme ne peut justifier en rien la valeur de l'existence de l'homme. « Les conséquences dernières de la logique immanente de l'athéisme, (font que) celui-ci avoue qu'il n'a aucun argument en faveur de l'existence de

¹⁵⁷⁰ J. Monod (1970), p. 224.

l'homme. »¹⁵⁷¹ Comme il le fait remarquer aussi ailleurs, « il faut un point d'appui extérieur pour avoir le droit de dire de l'homme qu'il vaut la peine d'exister. »¹⁵⁷² « L'athéisme est incapable de donner une réponse argumentée de la légitimité de l'existence de l'homme. »¹⁵⁷³ L'auteur examine la valeur d'une argumentation athée visant à fonder le refus de Dieu au vu du caractère arbitraire de la bonté d'un Dieu qui déclarerait bien ce qu'il voudrait qu'il soit bien ; en cela, une argumentation de ce type dénoncerait à juste titre la conception du caractère despotique et capricieux d'un Bien absolu tel un monarque décrétant à lui seul le bien et le mal auquel il faudrait, bon gré mal gré, se soumettre. Pour mettre un terme à une caricature de ce genre, il est vrai quelquefois issue de l'interprétation de la volonté toute-puissante du Dieu cartésien, Rémi Brague montre que le bien n'est pas là comme une décision extrinsèque à Dieu et qui peut être sujet à changement ou livré à son bon vouloir capricieux, mais que le bien est un attribut de Dieu totalement inhérent à Lui-même : « Le bien que Dieu commande, dit-il en ce sens, n'est qu'un aspect de Dieu lui-même. »¹⁵⁷⁴ Le commandement n'est donc en rien "parachuté", imposé du dehors, selon la présentation qu'en donne Monod, apparaissant comme la volonté tyrannique d'un ordre à suivre et dont l'inverse pourrait être commandé si tel était le bon plaisir du créateur. « Du coup, l'accomplissement d'un quelconque commandement est du fait même une imitation de Dieu. »¹⁵⁷⁵ C'est à cette dénonciation de cette caricature du divin à laquelle procèdent souvent les discours des philosophes des Lumières, en présentant, dans ce contexte, un statut de la raison assujettie à un pouvoir divin arbitraire, faute d'envisager la possibilité d'une raison éclairée et attirée par ce Bien absolu. Pour conclure sur ce point, les conclusions de Paul Clavier au terme de son étude qui pose la question de savoir si tout est permis dans l'hypothèse où Dieu n'existe pas, apparaissent de première importance : « L'hypothèse d'un Dieu bon, créateur de l'univers et de tous les humains, est bien plus à même de justifier un "tu dois" universel et objectif, que l'hypothèse d'un naturalisme athée, ou celle d'une autonomie de la morale, dans laquelle l'obligation est un fait pur et simple, qui s'expose au scepticisme moral. (...) »¹⁵⁷⁶ La perspective théiste peut ici apporter en particulier une réponse explicative de l'intuition morale de la dignité de l'homme : « Si Dieu est la source de toute existence, on peut s'attendre à ce qu'il dote les créatures rationnelles d'intuitions morales (comme l'égalité des êtres humains) qui est une intuition morale avant d'être éventuellement traduites dans des normes

¹⁵⁷¹ R. Brague, (2013), *Les Ancres dans le ciel*, p. 92-93.

¹⁵⁷² R. Brague, (2013), *Le propre de l'homme, sur une légitimité menacée*. p. 215.

¹⁵⁷³ R. Brague, (2013), p. 247.

¹⁵⁷⁴ R. Brague, (2013), p. 240.

¹⁵⁷⁵ R. Brague, (2013), p. 241.

¹⁵⁷⁶ P. Clavier, (2017) « Sur un souverain poncif : si Dieu n'existe pas, tout est permis », *Revue de Théologie et de philosophie*, 149, p. 104.

juridiques. »¹⁵⁷⁷ Cette hypothèse offre un fondement réel à la justification d'une éthique normative et donne une solution aux apories soulevées par une éthique strictement descriptive : « Dans l'hypothèse théiste, l'obligation morale reçoit un statut normatif et non seulement descriptif. » En ce sens que l'obligation trouve un fondement même dans le fait que la vie est reçue comme un don. C'est tout le sens de l'hypothèse de l'homme relié à un Créateur émise dès lors par Paul Clavier : « Si nous devons notre existence à un créateur, cette dépendance ontologique (de fait) peut engendrer une obligation. Nous sommes redevables à ce créateur de la vie, du mouvement, de l'existence et de nos facultés (*via* l'hérédité biologique et la transmission culturelle) et nous contractons par le fait même une obligation. »¹⁵⁷⁸

Aussi, pouvons-nous, en conclusion de cette discussion, considérer que si Monod entend faire la promotion d'une éthique de la connaissance, sans toutefois réserver à ce type d'éthique l'exclusivité, c'est alors une façon de valoriser des attitudes humaines toutes très positives au service du dynamisme de la recherche scientifique. Il ne faudrait cependant pas privilégier ce type d'éthique, au point d'en faire la seule éthique respectable et responsable. Ceci impliquerait, bien entendu, de faire de l'homme plus qu'un homme objectivé, vu uniquement sous le prisme du seul point de vue réducteur et objectivant de la science, à titre de simple et unique objet de l'examen d'une science de la nature. Il conviendrait déjà, au simple niveau scientifique, au vu de tous les regards croisés que toutes les sciences sur l'homme peuvent engager, de compléter le point de vue de la science biologique par l'ensemble des autres sciences. La science historique ne manque pas, par exemple, d'examiner des faits objectivement historiques animés par des personnes dont les discours et l'action sont parvenus à changer le cours de l'histoire humaine elle-même.

Concernant plus particulièrement l'éthique, nous nous sommes demandé si la tentative de s'appuyer uniquement sur la science n'apparaît pas comme une impasse, tentative incapable de délivrer un discernement concernant la valeur et la raison de l'obligation morale. Nous avons essayé de montrer combien une métaphysique de type matérialiste comporte de difficultés à se départir d'un relativisme moral, ainsi qu'à justifier la dignité et la valeur de la vie humaine. Si toute la grandeur de la connaissance scientifique consiste en l'affirmation de la découverte du caractère dérisoire de la présence de l'homme sur terre, à la lumière des résultats de la biologie, qui font de l'homme un simple produit du hasard, trié et retenu dans l'existence sous l'effet de la sélection naturelle, nous en tirons avec Monod la conclusion que toute la grandeur de l'homme consiste à reconnaître qu'il n'a pas de grandeur. Mais nous avons vu que la simple

¹⁵⁷⁷ P. Clavier, (2017), p. 103.

¹⁵⁷⁸ P. Clavier, (2017), p. 98.

connaissance scientifique ne peut conclure à la vérité intégrale de l'homme et au sens de sa destinée. D'une part, parce que la science est toujours provisoire et partielle, mais plus fondamentalement par ce que nous avons vu, au cours de nos débats, en seconde et troisième partie que Monod passe, sans justification proprement scientifique, - parce que précisément la science n'en a pas les moyens-, d'un matérialisme scientifique à un matérialisme athée. L'apport du matérialisme scientifique est indéniable, y compris pour constituer la rationalité d'une métaphysique théiste, en ce qu'il permet à une métaphysique théiste d'approfondir sa propre ontologie, comme l'a souligné notre deuxième partie : il présente ceci de très positif de contribuer à ce que la création dans une métaphysique théiste soit pensée comme création continue, et non comme une simple « chiquenaude initiale », qui, selon les lois du principe d'inertie, donne à la matière juste ce qui lui faut pour conserver sa quantité de mouvement. La création, dans ce contexte est à envisager comme un processus et non comme un donné une fois pour toute et Dieu, dans cette perspective, donne au présent la vie, le mouvement et l'être à tout être créé. Une métaphysique théiste, nous l'avons souligné, est donc toujours sur les rangs et n'est en rien niée par les résultats proprement scientifiques, tout en s'approfondissant et en ouvrant à certains aspects, qui avaient sans doute été occultés par la métaphysique cartésienne qui s'ajustait à la physique newtonienne. En effet, nous avons eu l'occasion de souligner, au cœur même d'un débat éthique, combien la métaphysique théiste offre de cohérence non seulement pour contrer un relativisme moral qui ôte aux conduites humaines la possibilité de se référer à un bien ou à un mal objectif mais aussi pour garantir la valeur sacrée de toute vie humaine, et la valeur de la fraternité qui m'oblige à me considérer comme le gardien de mon frère, que je vois en tout homme. De fait, la proposition de l'éthique de la connaissance de Monod n'a pas apporté, pour le monde contemporain, une source d'inspiration suffisante pour permettre de surmonter le mal-être de notre civilisation et tous les défis actuels à relever pour préserver la vie humaine sur la planète. Il a peut-être tenté d'extirper le mal, sans voir où celui-ci se situait vraiment. Il est bon de rejeter l'animisme mais il ne convenait sans doute pas de proclamer l'absurdité de la condition humaine, au nom de ce rejet. Une autre voie était envisageable et reste à envisager : celle d'un monde dont la raison d'être est au-delà de lui et venant d'une source transcendante qui l'a fait advenir par amour, en diffusant et communiquant à d'autres êtres que lui sa libre capacité d'aimer.

Ainsi, l'erreur de Monod ne résiderait pas tant dans la dénonciation des croyances de l'animisme que dans le fait de penser que ces croyances s'alignent et sont assimilables avec une métaphysique théiste, alors qu'il n'en est rien. Au terme de ce débat, il convient tout de même de continuer de reconnaître que l'éthique de la connaissance comporte une réelle valeur

en promouvant la connaissance objective. C'est l'affirmation de son hégémonie qui fait problème et qui présente un risque pour l'éthique si elle devenait la seule possible à être considérée, en lieu et place d'une éthique qui viserait à mettre la destinée de l'homme et son plein accomplissement au cœur de sa réflexion, une éthique qui mettrait plus l'accent sur la conscience morale et le sens de la responsabilité humaine tout en tentant d'échapper à un relativisme généralisé. La part d'initiative qui revient à l'homme est immense, et cela Monod le concède volontiers, mais les implications de sa pensée ont bien du mal à donner des raisons de vivre, si ce n'est la résolution obstinée à poser ou commettre des actes qui ne révèlent que l'absurdité d'un destin aléatoire. Le caractère sacré de la vie de l'être humain peut se trouver justifié, à meilleur titre, sans aucun doute, par son rattachement à une source de bien absolu qui lui donne sens.

Conclusion

Au terme de cette étude, et à la lumière de la théorie de l'évolution selon l'exposé que nous en fait Monod dans *HN*, nous voyons combien il incombe à nos contemporains, et en particulier, dans l'espace ouvert par la médiation philosophique, de se demander s'il est possible de tirer des conséquences métaphysiques à partir des concepts touchant à l'ontogenèse et à la phylogenèse du vivant que met à jour la biologie.

Monod met en avant, dans *HN*, des concepts pertinents en biologie. En ce qui concerne l'ontogenèse, d'une part, Monod met en lumière, comme nous les avons vus en détail dans le cours même de l'exposition des découvertes de l'opéron et de l'allostérie, les concepts de régulation, d'interaction, de gratuité ; nous avons souligné en particulier l'importance de ce modèle de l'opéron indiquant un pré-montage, sur une portion d'ADN, permettant de réguler l'expression des gènes, offrant en cela un nouveau paradigme. Monod met également en avant les notions d'invariance et de téléonomie, de projet et de performances, de structures et de fonctions, dans la mise en avant du mécanisme de réplication de l'ADN et sa traduction en protéines ; il mobilise enfin la notion de cybernétique pour rendre compte de la cohérence du vivant pensé comme un système. En ce qui concerne, d'autre part, la phylogenèse, qu'étudie la théorie de l'évolution, apparaissent les notions d'unité et de diversité rapportées à un invariant qui varie dans le temps, la notion d'espèce et de population, en lien avec les notions de pression de sélection et de phénomènes adaptatifs. Sont employés également des concepts communs à l'intersection de ces deux champs d'étude que sont l'ontogenèse et la phylogenèse : en particulier ceux de téléonomie et d'émergence, dégagant deux sens très différents à propos de l'émergence embryonnaire et de l'émergence évolutive, et surtout, Monod fait valoir, dans ces deux contextes, les concepts de hasard et de nécessité, déduits en particulier du couple mutation/ sélection reconnu comme moteur par la théorie synthétique de l'évolution.

A partir de tous ces termes qui ont une pertinence en biologie, tout le problème, soumis à notre examen, était de savoir si l'on peut en tirer des conséquences métaphysiques.

En regard de ces concepts pertinents en biologie, nous avons travaillé la question métaphysique portant sur la question d'une source de l'être à partir de cette reconnaissance au niveau biologique du hasard et de la nécessité. En ce qui concerne le hasard, d'une part, nous avons mis en évidence le fait indéniable de phénomènes stochastiques, aléatoires, touchant le niveau du réel micro-physique. Nous avons vu une tension entre hasard essentiel d'où tout est possible d'advenir et d'où tout advient absolument et hasard opérationnel, à savoir celui qui

obéit à la loi des grands nombres et qui est donc un hasard probabiliste. Le hasard essentiel, pourtant au fondement de la nouvelle philosophie de la nature de Monod, semble être évacué au profit de ce hasard opérationnel qui lui cède progressivement la place, ou se trouve même, en définitive, véritablement défini comme le seul envisageable. Si tel est bien le cas, ces lois du grand nombre demandent d'être interrogées au niveau de ce qui fonde la raison de leur stabilité. Nous avons, en outre, souligné, avec Michel Delsol, que du hasard ne pouvait pas sortir n'importe quelles combinaisons mais seulement celles que la matière, dans sa constitution, rend possible ; à partir de là, nous avons vu qu'une question métaphysique pouvait se poser quant à la nature de propriétés de la matière telles que s'ensuive le déploiement des êtres vivants que la science de la biologie étudie. Quant à la nécessité, les lois de la nature dans leur fonctionnement sont décrites mais celles-ci non plus ne sont pas questionnées dans leur existence même, ce qui laisserait ouvertes des questions métaphysiques non traitées par l'auteur. Nous avons vu également qu'il est possible d'envisager une nécessité conditionnelle, ou disons, pour ne pas le confondre avec le sens laplacien, "conditionnée". Ainsi, la nécessité que Monod instaure comme une instance relevant d'un principe quasi métaphysique, mis en exergue avec le fragment de Démocrite et dans l'intitulé du titre, n'est pas absolue mais apparaît toute relative aux processus de sélection naturelle mis en lumière par les sciences biologiques. La métaphysique d'Aristote ou celle de Leibniz propose, comme nous l'avons évoqué, une analyse toujours en débat portant sur cette nécessité conditionnelle, ou hypothétique, exprimée, en bonne part, par le jeu réglé des lois de la nature et des phénomènes contingents, liés en partie à des contraintes environnementales ; phénomènes contingents, nous le savons maintenant, liés également aux modifications microphysiques. Cette nécessité conditionnelle, ainsi mise en lumière, se trouve, par conséquent distinguée et donc possiblement, selon une certaine visée métaphysique, distincte d'une nécessité absolue. Ainsi, nous voyons que penser la nécessité en science invite à penser le monde dans un rapport de non-nécessité absolue avec un principe fondateur.

Notre exposé et les débats suscités autour de la question de la téléonomie dans son rapport à la finalité ont, nous l'espérons, contribué à dessiner aussi une façon de concevoir la finalité comme un concept métaphysique, et pas uniquement heuristique, à partir des notions de cohérence, de régularité, de fonction, de téléonomie. La finalité qu'exige la métaphysique peut venir tout à fait compléter, sans l'abolir le mécanisme que postule les sciences biologiques. Les théories des sciences biologiques doivent strictement reconnaître qu'elles ne peuvent rien dire là-dessus et ne pas affirmer, dès lors, quelque chose qui excède ses possibilités. En effet, ce qui est considéré comme heuristique en sciences utilisant, en vue de

la fécondité de sa recherche, le principe régulateur du *comme si*, peut, en métaphysique être envisagée sous l'angle d'une finalité relevant de la Cause des causes. L'analyse métaphysique menée par Leibniz dans *De l'origine radicale des choses*, dont nous avons repris les arguments en troisième partie, garde, par conséquent, tout son intérêt et demeure, à notre avis, d'une logique intellectuellement très rigoureuse.

Dans ces deux axes de réflexion, à savoir hasard/nécessité, et finalité, il s'agit donc de préserver l'autonomie et la consistance du vivant et de distinguer celles-ci de son problématique statut ontologique, question que seule la métaphysique a les moyens d'aborder. Le rapport au temps et la reconnaissance de son irréversibilité ont pu se trouver également interrogé scientifiquement : en effet, cette reconnaissance fait sortir du cadre de la physique classique pour nous faire aborder, dans le cadre initial de la thermodynamique, la thèse de la flèche du temps. Mais cette progression peut aussi se trouver interrogée métaphysiquement. En particulier, le fait que l'évolution tende pendant des millions d'années, en dépit de tous les aléas, à la constitution d'un être capable de penser. On n'interprète pas ce fait d'un point de vue scientifique, et peut-être, on ne le peut pas, mais ce fait donne à penser au métaphysicien car il se pourrait alors qu'il y ait une raison d'être au monde. Enfin, nous avons évoqué, l'existence possible de l'Être qui soutient cette unité/diversité, ces diverses poursuites de projets dans la nature, le temps lui-même, et plus généralement encore, l'ensemble de la réalité. En effet, cet Être n'est pas nécessairement révoqué par la science, même si, pour les besoins de sa méthode et la fécondité de son exercice, celle-ci l'en a exclu. Ce sont, par conséquent, les causes de l'ontogenèse et de la phylogenèse du vivant qui se voient interrogées, tant par la biologie que par la métaphysique. Mais si celle-là envisage les causes secondes, celle-ci, fait signe vers la Cause de toutes les causes, pour reprendre la distinction métaphysique entre causes secondes et cause première initiée, en grande partie, par saint Thomas d'Aquin. Comme le dit saint Thomas d'Aquin dans la *Somme contre les gentils* : « Un même effet n'est pas attribué à sa cause naturelle et à Dieu, comme si une partie était de Dieu et l'autre de la cause naturelle. Il est tout entier de l'un et de l'autre, mais suivant des modalités diverses, tout comme un même effet ressortit tout entier à l'instrument et tout entier sa cause principale. »¹⁵⁷⁹ En cela, il y aurait une ouverture possible vers une conception différente du matérialisme métaphysique, avec cette voie frayant un chemin entre deux écueils que Dominique Lambert propose de nommer, à la suite Blondel, et de Whitehead un « panenthéisme »¹⁵⁸⁰ : au-delà même des deux conceptions théiste et panthéiste qui risquent, pour des raisons différentes, d'aboutir à la négation de Dieu : celle d'un théisme, qui présente,

¹⁵⁷⁹ Thomas d'Aquin (1999), III, 70, pp. 249-250.

¹⁵⁸⁰D. Lambert, (1999), p. 112.

surtout lorsqu'elle se mue en déïsme, de promouvoir Dieu au mépris de la création, présentant surtout l'inconvénient de poser entre ces deux réalités une sorte de face-à-face inerte, et celle d'un panthéisme, promouvant la création au mépris de Dieu. Cette conception philosophique qu'est le "panenthéisme", que Dominique Lambert propose, repose sur expression intéressante puisqu'elle vise à insérer entre le « pan » grec, signifiant tout, et la notion de théïsme, la préposition 'en', ce qui littéralement signifie la visée d'un regard métaphysique qui voit « tout en Dieu », et non pas, comme le veut le panthéisme, voire l'animisme, Dieu en tout. Intuition que nous pouvons illustrer, en ce sens, par l'insistance juste cette fois, de Teilhard de Chardin, à répéter, à la suite de saint Paul, qu'« en Dieu, nous avons la vie, le mouvement et l'être. »¹⁵⁸¹ Prenant appui sur ces analyses qui nous ont ainsi ouvert un champ nous permettant de dégager spécifiquement ce qui revient respectivement à la biologie et à la métaphysique, et de mesurer les écarts ou les libertés prises quelquefois par Monod quant à cette distance irréductible, nous avons souligné l'importance de distinguer, le plus techniquement possible, sur un plan rationnel, le matérialisme scientifique d'avec le matérialisme métaphysique, d'où découlent, selon que, l'un recouvre ou non l'autre, les impératifs de telle ou telle éthique. Nous avons montré, grâce à l'éclairage qu'en présente Monod, toute la légitimité de l'établissement d'une éthique de la connaissance. Légitime cependant pourvu que la connaissance soit reconnue également dans sa fonction sapientielle et pas seulement savante.

C'est pourquoi, si l'éthique de la connaissance est de fait nécessaire, elle n'est sans aucun doute pas suffisante et c'est pourquoi, il nous est apparu important de recenser des critères selon lesquels l'éthique paraît grandement valable quand elle tient compte de l'être humain dans toutes ses dimensions, et pas uniquement selon le point de vue réducteur et objectivant d'une discipline scientifique : au sens où Bergson envisage que le mental peut déborder le cérébral ; au sens aussi où Ricœur envisage l'intégration de la dimension affective et toute la sphère de sentiments et les états d'âme ; au sens encore où Karl Jaspers, par exemple, mais il est loin d'être le seul à penser dans cette direction, pense que l'homme ne peut se comprendre que comme psychisme sur lequel toute parole peut exercer une fonction positive ou négative, et non un être uniquement régi par les forces biochimiques de son cerveau ; c'est tout le sens, en particulier, de l'évolution de la psychiatrie qui prend acte progressivement de cette double dimension humaine ; au sens enfin où l'homme est possiblement un être à la fois biologique et spirituel selon la magistrale présentation de Claude Tresmontant par exemple.¹⁵⁸² Si une telle ouverture éthique peut venir compléter l'éthique de la connaissance, le statut de cette dernière n'est pas à contester, loin de là. Si l'éthique de la connaissance, en revanche, exclut toutes les

¹⁵⁸¹ Saint Paul, Actes des apôtres, 17- 28, p. 1622.

¹⁵⁸² C. Tresmontant, *La mystique chrétienne et l'avenir de l'homme*, Seuil, 1977.

autres formes d'éthique possibles, elle outrepassse et déborde le cadre qui lui était imparti, et, de ce fait, la place qu'elle occupe devient contestable.

Il est clair que l'appellation de concordisme pourrait se trouver aussi bien dirigée contre la perspective naturaliste dans laquelle se situe Monod, si celle-ci envisage de se supplanter, comme science, à toute métaphysique possible : elle commettrait, en ce cas, la même erreur que commettent créationnistes et fondamentalistes : celle qui consiste à assimiler deux champs de connaissance qui ne se placent pas au même niveau, du fait qu'elle ne reconnaît plus pour vraie que la seule connaissance scientifique. En effet, il y aurait concordisme si la science devenait l'ultime référence et le seul horizon permettant d'établir, voire de supplanter, une analyse métaphysique. Or, nous voyons que le champ des causes finales, méthodologiquement exclu en sciences de la nature, n'a pas à se trouver, *ipso facto*, exclu de la recherche métaphysique, qui se situe à un autre plan de réflexion, le plan qui part originellement de l'étonnement qu'il y ait « quelque chose plutôt que rien. »¹⁵⁸³

Là cependant où Monod nous a prouvé que le dynamisme de la recherche scientifique en biologie est ouvert à une perspective différente, c'est qu'il s'appuie sur la réalité des êtres vivants pour tenter d'en comprendre le mode de fonctionnement et d'élucider l'histoire de la matière et de ses progrès, afin d'établir une véritable reconstitution généalogique de la chaîne des vivants. Or, il peut tout à fait nous ouvrir à ces perspectives, sans dénier à la métaphysique sa fonction unificatrice ou fondatrice, sans préjuger des ressources que nous offre le réel, au nom d'une science qui aurait l'exclusivité de la vérité. Il convient tout à fait de reconnaître qu'effectivement une métaphysique *a priori* ne résout rien toute seule : on connaît trop les dégâts d'une métaphysique sans confrontation avec le réel, ou instrumentalisée au service d'une apologétique, qui déconsidère la matière et qui refuse qu'il y ait en elle de l'intelligible. En revanche, une biologie qui confondrait les plans et qui penserait qu'elle comporterait une métaphysique implicite en elle-même ferait fausse route car les analyses métaphysiques portent sur l'ordre de l'être en tant qu'être, seul capable de donner l'existence à tout ce qui est. Par conséquent, la biologie à elle seule ne peut donner la clé de quelque philosophie de la nature que ce soit. Comme l'affirme très clairement Paul Clavier, « l'essentiel de la discussion échappe aux prises des sciences de la nature : l'existence ou l'inexistence d'un être surnaturel dont dépendrait l'existence de l'univers sont par définition étrangères à la méthodologie des sciences de la nature. »¹⁵⁸⁴ « Dieu n'étant pas un fait biologique, il ne peut ni être inclus dans une théorie scientifique, ni interdit dans d'autres perspectives de recherche. » Autrement dit, si la biologie peut expliquer ce qui est de son ressort, c'est-à-dire l'évolution des organismes

¹⁵⁸³ Leibniz (1996), p. 228.

¹⁵⁸⁴ P. Clavier (2012) p. 46-47.

vivants, elle n'est pas compétente en revanche pour expliquer l'existence même d'un univers où la vie est possible. Il convient donc d'éviter deux écueils parfaitement symétriques : affirmer Dieu à l'aide de résultats des sciences tout autant que le nier au nom de ces mêmes résultats scientifiques.

C'est pourquoi la remarque suivante de Paul Clavier prend tout son sens, qui souligne que « l'impossibilité méthodologique d'identifier physiquement (en termes de processus biologiques ou physico-chimiques) une intervention surnaturelle ne permet pas d'exclure l'hypothèse métaphysique selon laquelle l'ensemble des processus biologiques dépendrait en dernier ressort d'une cause d'existence des éléments ultimes et des lois d'interaction et d'intégration entre ces composants. »¹⁵⁸⁵ En ce sens, une métaphysique matérialiste est aussi discutable que le courant de l'*Intelligent Design* : « Il est tout aussi injustifié de déposer l'hypothèse métaphysique d'un agent responsable de l'existence de l'univers, de sa structure et de ses propriétés que d'imposer dans les sciences de la nature un tel agent. »¹⁵⁸⁶

Toutefois, le risque de scientisme bien présent chez Monod, ne doit pas occulter ce dynamisme de la recherche scientifique sous-tendue par la recherche de la vérité, si courageuse et capable d'entreprises gigantesques, inventant des protocoles de recherches les plus ingénieux, menés au sein d'un travail d'équipe dont le dialogue entre chercheurs constitue un atout remarquable. De plus le garde-fou d'une éthique de la connaissance, dans le domaine de la recherche est plus que souhaitable pour éviter les dérives en tous genres. Là encore le principe de la non-expérimentation des êtres humains auquel tient Monod est de nos jours un précepte à considérer résolument comme un impératif de la recherche. Cependant, la vérité dans une science particulière ne peut cependant pas être le critère de la vérité totale et ultime. Et la vérité métaphysique, s'il y a une, ne sera jamais non plus la somme de toutes vérités partielles des sciences particulières. Elle est d'un autre ordre.

Dès lors, à la question de savoir si un matérialisme scientifique entraîne *ipso facto* un matérialisme métaphysique, j'espère que l'on aura compris que non ; puisque tout l'enjeu de cette étude consistait à présenter la possibilité d'une métaphysique théiste dans le cadre d'un matérialisme scientifique. Les résultats des sciences biologiques ne sont pas pertinents pour aborder la question du fait même qu'il y ait un monde. La science contemporaine nous contraint-elle à renoncer, sur un plan métaphysique, à une Cause intelligente à l'origine du monde et des êtres qui existent ? Nos débats se sont attachés à questionner les résultats de la biologie moléculaire et à faire ressortir que ceux-ci peuvent affirmer seulement la non connaissance de cette entité métaphysique. Ce qui apparaît clairement en ce début de XXIe,

¹⁵⁸⁵ P. Clavier (2012) p. 45.

¹⁵⁸⁶ P. Clavier (2012) p. 45.

c'est la franche césure entre ce qui relève de la méthodologie scientifique, avec son rejet des causes finales, et ce qui relève de la métaphysique. Or, si les sciences biologiques ne peuvent questionner la source de la téléonomie, il reste possible d'envisager qu'une finalité possible, sur un plan métaphysique, la transcende et la fonde. Monod a ouvert en cela bien des pistes. On a pu opter, dans notre dernière partie, pour simple critère de discernement entre matérialisme scientifique et matérialisme métaphysique, que ce qui échappe à la science biologique matérialiste par essence, liée par le postulat d'objectivité, le domaine de la finalité mis à part, par conséquent, c'est tout le domaine de la « transcendance », que ce soit celle d'un sujet, à la fois transcendant et immanent ou la transcendance absolue, celle par excellence, de Dieu.

Sur un plan métaphysique, la matière, selon la conception biblique dont une métaphysique consistante, comme celle de saint Thomas d'Aquin a pu s'inspirer, est considérée comme créée *ex nihilo*. En cela, c'est toute la nature qui, en tant que créée, relève d'un principe la transcendant entièrement. Il est entendu que ce "ex" est à prendre au sens de "à partir de rien", bien sûr, et non pas, selon une fausse représentation, "après rien". En effet, la question de l'ontologie, sur un plan spéculatif, se trouve totalement disjointe de la question de la chronologie et ne recouvre pas les mêmes ordres de réalité. Les considérations sur le temps n'entament en rien la possibilité d'une création du temps, sur un plan métaphysique par un éventuel créateur, selon la piste ouverte par saint Augustin au Livre 11 des *Confessions*. Il nous a paru essentiel, dans ce cadre, de présenter les éléments conceptuels qui permettent de distinguer métaphysiquement la notion de création de celle de commencement. La question chronologique se pose sur un plan d'ordre strictement physique, et la question ontologique, sur un plan métaphysique. Ainsi, la question de l'origine de l'être est distincte, comme nous l'avons souligné, de la question du commencement. Cependant le temps lui-même, dans son existence même, en tant que créé, peut relever d'une analyse d'ordre métaphysique.

Nous voyons toutefois que Monod ne refuse pas à l'homme une certaine transcendance. En cela, il fait intervenir une métaphysique implicite qui peut ouvrir le champ à une réflexion sur l'âme humaine. On le voit hésiter à se servir à nouveau du dualisme cartésien pour expliquer le rapport de l'âme et du corps. Certes, son matérialisme scientifique lui fait concevoir l'homme comme un animal, faisant totalement partie de l'arbre de l'évolution, au même titre que tous les autres animaux, avec toutefois cette différence considérable majeure dont il prend la mesure, et sur laquelle il nous invite à réfléchir, celle advenue par l'avènement du langage. Ainsi, Monod présente certaines échappées possibles en l'être humain qui laissent présager d'un débat toujours possiblement ouvert avec nos contemporains matérialistes. Le débat

Ricœur/Changeux, en la matière, est loin d'être tranché actuellement, comme nous avons voulu le montrer, pour la bonne raison qu'il est la plupart du temps mal posé. On ne peut espérer qu'il soit totalement résolu par les neurosciences, tombant, elles aussi, sous la coupe, ou le couperet, en l'occurrence ici, du principe d'objectivité, alors qu'elles soumettent précisément la subjectivité elle-même à ce postulat, ce qui en fait tout le paradoxe. Cela est la source de toutes les apories auxquelles se trouve confrontée une éthique qui se veut objective, alors que précisément elle se trouve à devoir traiter de la subjectivité. On voit bien que les données du problème doivent être correctes, et abordées selon tous ses aspects pour être en mesure d'être résolues, sinon, on risque d'entrer dans un problème insoluble. Comme le dit Dominique Lambert, « nous savons que par nature l'acte et le regard scientifique est réducteur et objectivant ; ceci n'est pas mauvais en soi dans toutes les situations. En revanche, il se peut que ces actes et ces regards soient proprement « déplacés » dans certaines circonstances. »¹⁵⁸⁷ Non seulement le regard scientifique n'est pas mauvais en soi mais il convient de souligner, comme les résultats de la biologie moléculaire, dont nous sommes émerveillés, l'illustrent, toute la positivité de l'acte scientifique. D. Lambert va jusqu'à évoquer « la relation qu'établit le scientifique entre lui et son monde, comme un signe, un *vestigium* de l'acte créateur de Dieu. »¹⁵⁸⁸ C'est dire toute sa dignité. Et comme tout ce qui est digne, la prise de risque peut être aussi très lourde de conséquences, quant à l'avenir même de l'homme et de la nature. Par conséquent, il est urgent de convoquer tous les efforts en vue d'une philosophie de la nature qui sauve l'homme du désastre. Elle gagnerait à y puiser à la source, d'une « philosophie du regard », comme nous y invite encore D. Lambert : regard qui tout à la fois « détermine un monde-pour-soi », comme le pratique une philosophie de la nature, « qui détermine » également « l'orientation profonde de l'homme » par l'effet d'une anthropologie qui ouvre à la question du sens et enfin qui se fait visée métaphysique « d'une fin, de ce qui cause le déploiement des causes. »¹⁵⁸⁹

¹⁵⁸⁷ D. Lambert, (1999) p. 138-139.

¹⁵⁸⁸ D. Lambert, (1999) p. 138-139.

¹⁵⁸⁹ D. Lambert, (1999) p. 189.

Annexes

1) Analyse structurale de *HN*

Les sous-titres, dans chacun des chapitres résumés ici, sont donnés, en marge, par l'auteur ; ils sont ici marqués d'un tiret, selon la pagination de l'édition de 1970. Les titres, sont, pour la plupart, donnés par moi-même, pour faciliter la compréhension des grandes articulations de chaque chapitre, repérables, chaque fois, typographiquement dans l'ouvrage, par la présence de trois petits astérisques placés au centre d'un blanc détachant ainsi très clairement visuellement les parties. Chaque notion, ainsi que noms communs ou noms propres, définis dans le glossaire, sont suivis, dans le résumé, d'un astérisque. Lorsque les notions font plus d'un terme, elles sont écrites en caractère gras pour permettre de se reporter, dans le glossaire, à la notion complète.

Le chapitre 1, intitulé « D'étranges objets » qui s'étend sur 20 pages, (*HN*, 19-38), comprend trois parties.

1). Les êtres vivants seraient à rapprocher de la classe des cristaux et à distinguer de tous les autres objets naturels et des artefacts (pp. 19-29)

- Le naturel et l'artificiel (p. 19).

Il apparaît difficile de distinguer l'objet naturel de l'objet artificiel, difficulté illustrée par des exemples. (pp. 19-24) : les maisons de Barbizon, les rochers d'Apremont, des petits cailloux, une ruche d'abeilles, les abeilles elles-mêmes, les chevaux comparés aux automobiles, l'œil d'un vertébré comparé à un appareil photo.

Pour étudier l'objet naturel, il faut poser le postulat méthodologique d'objectivité, puisqu'il faut accepter que la nature soit objective et non projective. L'objet artificiel, l'artefact, lui, relève d'une activité projective. (p. 19).

Pour parvenir à classer ces objets, il pourrait être utile, pour être parfaitement objectif, de passer par le détour de la fiction de la mise en place d'un programme informatique capable de les classer selon différents critères. (pp. 19-20).

Soit l'expérience de pensée d'un programme mis sur Mars ou Vénus pour inspecter les éléments et y trouver la marque d'une activité projective, intelligente (p. 20). Pour repérer les produits d'une telle activité, il faudrait se baser sur des critères liés à la structure : critères de régularité et de répétition, critères requis pour des objets de taille macroscopique ; à ne pas

confondre avec ces mêmes critères qui sont le fait des lois de la chimie pour les objets naturels microscopiques que les structures atomiques ou moléculaires. (p. 21)

- Les difficultés d'un programme spatial (p. 21).

Si l'on inverse cette expérience de pensée en imaginant une machine programmée par des martiens sur terre, celle-ci classerait sans problème « maison » dans objet artificiel et « rocher » dans objet naturel (p. 21). Mais le cristal classé comme objet artificiel constituerait une erreur (p. 22) : de même les ruches d'abeille et les abeilles elles-mêmes pourraient être vues à tort comme un produit artificiel. (p. 23).

D'où la difficulté de définir les bons critères de distinction. (p. 23) Si les critères structuraux sont insuffisants, **les critères liés à la fonction** sont encore moins opératoires (p. 24).

- Des objets dotés d'un projet (p. 24).

Les analogies entre chevaux et automobiles vus tous deux comme capables de vitesse, l'œil et l'appareil photo, tous deux capteurs d'images, ne permettent pas d'élaborer un critère discriminatoire.

On ne peut nier que les adaptations fonctionnelles, comme l'œil, et les êtres vivants sont des objets doués d'un projet. La téléonomie* est une notion essentielle à leur définition. Cette notion essentielle n'est pourtant pas suffisante. (p. 25)

Par l'analyse de la structure et de la fonction, on peut identifier le projet mais non son auteur. (p. 26).

Un critère de distinction apparaît fondamental : l'artefact doit sa forme (comme le rocher) à des forces externes s'exerçant sur un matériau ; le vivant, quant à lui, doit sa forme à des forces de cohésion internes. (p. 26).

Les êtres vivants se rapprochent des cristaux et diffèrent des artefacts et de la plupart des objets naturels (pp. 27-28). En effet, la question est de savoir si les forces internes qui donnent la structure macroscopique aux êtres vivants ne seraient pas de même nature que celles des interactions microscopiques des cristaux. Cette question constitue l'un des principaux thèmes du présent essai.

Il est nécessaire de quantifier l'information dont l'émetteur est toujours un être identique au premier (p. 28 et haut de la p. 29).

- Des machines qui se reproduisent (p. 28)

Les êtres vivants sont en effet des machines qui se reproduisent (p. 29). Par la propriété de reproduction invariante, les structures cristallines et les êtres vivants sont associés : pour que certains corps cristallisent, il faut souvent associer des germes de cristaux* à la solution. Leur structure sera déterminée par celle des germes. Cependant, leur quantité d'information est très

largement inférieure à celle des êtres vivants. C'est le critère quantitatif, concernant la quantité d'information, qui permet de distinguer les êtres vivants de tous les autres objets, y compris les cristaux.

2). L'invariance reproductrice, la téléonomie, la morphogénèse autonome, trois propriétés du vivant à distinguer (pp. 29-33)

Ces trois propriétés du vivant sont à définir de façon quantitative (p. 29).

- Les propriétés étranges : invariance et téléonomie (p. 29)

L'invariance est la plus facile à définir quantitativement : c'est la quantité d'information transmise d'une génération à l'autre. (p. 29).

La téléonomie, déjà évoquée à propos de l'œil, (p. 24-25) représente toutes les performances organiques des êtres vivants comme leurs artefacts, qui sont tous les aspects d'un même projet unique primitif : la conservation et la multiplication de l'espèce (p. 30). Le projet téléonomique consiste donc en cette transmission de l'invariance (p. 30). On peut parler, en ce sens, de la quantité de l'information téléonomique qui vise (p. 31) tout ce qui, de près ou de loin, est impliqué en vue de la reproduction. (p. 31). Pratiquement parlant, elle n'est pas mesurable car elle diffère (p. 32) entre les espèces alors que l'invariance est la même chez tous les mammifères.

Ces trois propriétés sont très étroitement associées et peut-être se recouvrent-elles. L'invariance ne se révèle que par la morphogénèse et la structure téléonomique. À proprement parler, l'invariance et la téléonomie sont deux propriétés alors que la morphogénèse est plutôt un mécanisme. Ces deux propriétés sont en effet bien distinctes pour trois raisons : d'abord, parce qu'on peut évoquer une invariance sans téléonomie (celle des cristaux), ensuite, parce que la téléonomie est sous la responsabilité des protéines*, tandis que l'invariance dépend des acides nucléiques* ; enfin, parce que cette distinction, explicite ou non, est opérée par toutes les idéologies qui réfèrent le vivant à la biosphère et à l'univers. (p. 32-33).

3). Une contradiction apparente ou réelle : le projet de l'être vivant reconnu par la science objective qui refuse de parler de projet (pp. 34-38)

Les êtres vivants ne font que paraître violer les lois de la physique. (p. 34)

- Le « paradoxe » de l'invariance. (p. 34).

L'invariance paraît incompatible avec le second principe de la thermodynamique* (p. 35). Celui-ci est vérifiable uniquement dans un système isolé, tel celui où s'opère la cristallisation qui se produit avec, en contrepartie, l'émission et le transfert d'énergie thermique (p. 35). Donc, un accroissement local d'information est compatible avec ce second principe car l'entropie du système dans son ensemble augmente conformément au second principe, quand

bien même une organisation locale se produit. Ce qui revient à dire qu'il n'y a pas de lois biologiques qui défient les lois de la physique (p. 35-36). Dans l'exemple de bactéries ensemencées, on peut montrer également avec un calorimètre que la dette thermique est effectuée (p. 36) : là encore, il n'y a pas de violation de ce principe ; seulement l'information connaît une seule direction : la multiplication des cellules. (pp. 36-37).

- La téléonomie et le principe d'objectivité. (p. 37).

Il n'y a donc pas de contradiction avec les lois physiques ; nous verrons « dans un prochain chapitre » (en fait, au chapitre 3 *Le démon de Maxwell*) que le prix de l'invariance est payé.

C'est ce que réaffirme avec force le §1 du début de chapitre 1, « La pierre angulaire de la méthode scientifique est le postulat de l'objectivité de la Nature », avec le refus systématique d'interpréter les phénomènes en termes de projet, alors qu'aucune expérience ne pourra jamais démontrer cette absence de projet dans la nature.

Ne pas appliquer le postulat d'objectivité, c'est sortir de la science. Il faut confronter ce début de § avec la fin, (p. 38) : « L'objectivité nous oblige à reconnaître le caractère téléonomique des êtres vivants, à admettre que, dans leurs structures et performances, ils réalisent un projet. » Contradiction apparente ou insoluble ? C'est le problème central de la biologie.

Le chapitre 2 « Vitalismes et animismes », qui s'étend sur 23 pages, (HN, 41-63) comprend six parties.

1). La relation de priorité entre invariance et téléonomie : dilemme fondamental (pp. 41-43)

- La théorie sélective découvrant la primauté de l'invariance est la seule théorie, jusqu'à présent, compatible avec le postulat d'objectivité, fondée, de plus, sur la physique moderne ; alors que toutes les idéologies religieuses et philosophiques supposent, à l'inverse, le caractère principal de la téléonomie et parlent d'une ontogénie « guidée » et d'une évolution « orientée », en abandonnant le postulat d'objectivité. (p. 42).

- Distinction de deux groupes, les vitalistes et les animistes selon que l'extension du principe téléonomique s'applique à la biosphère seulement ou à l'univers tout entier (p. 43).

Les vitalistes se subdivisent en vitalistes métaphysiques et vitalistes scientifiques (p. 43).

2). Le vitalisme métaphysique (pp. 43-45)

Avec le vitalisme de Bergson, la vie est conçue comme un « élan », un « courant » s'exerçant avec une totale liberté, et exempte de finalité. Pour la saisir, Bergson en appelle à l'intuition, au discours non rationnel, l'intelligence de *l'Homo sapiens* ne sachant que discourir sur la matière inerte.

3). Le vitalisme scientifique (pp. 45-47)

Le vitalisme d'Elsässer et de Polanyi est un vitalisme de physiciens pour qui les sciences de la vie requièrent des lois différentes, qui s'adjoignent aux lois de la physique.

Or, il est d'ores et déjà démontré que l'invariance ne relève que des lois de la physique et que bientôt la téléonomie - en matière d'embryogenèse et de cybernétique moléculaire - ne relèvera pas d'autres lois, à mesure du progrès des recherches, que de celles de la physique. C'est l'annonce du chapitre 4 qui reviendra sur ces questions.

4). L'animisme (pp. 48- 51)

- **La « projection animiste » et « l'ancienne alliance »** (pp. 48-49). Au départ, pour la conscience primitive, tous les objets étaient animés. D'où la profonde alliance entre l'homme et la nature, et l'absence du sentiment d'étrangeté : la nature paraissait animée d'un projet (p. 48). La rupture se produit au XVII^e siècle avec le postulat d'objectivité et depuis, de grandes tentatives de synthèse idéaliste, comme celle de Leibniz ou de Hegel, tentent de résorber cette rupture (p. 49). La tentative de Teilhard, qui s'est inspiré du progressisme scientifique, s'inscrit aussi dans la perspective animiste, en voyant dans la matière une énergie ascendante évolutive dont l'homme et la biosphère sont le produit (p. 50).

- **Le progressisme scientifique** (pp. 49-51) repose en effet sur l'idée animiste selon laquelle l'évolution de la biosphère est en continuité avec l'évolution cosmique par le fait d'une « force » évolutive de la nature. On la retrouve tant dans le positivisme de Spencer que dans le matérialisme dialectique de Marx et d'Engels.

La faiblesse théorique du matérialisme dialectique (pp. 51- 59) :

5). **La projection animiste dans le matérialisme dialectique** (p. 52), (pp. 51-55), influencé largement par Hegel, avec ses lois subjectives dialectiques qui gouvernent la nature entière. Ce matérialisme dialectique peut se décliner en 8 points : 1) la matière dont le mode d'existence est le mouvement, 2) existant seule, 3) interagit avec l'esprit humain qui connaît vraiment 4) dans une interaction évolutive et cause d'évolution, et dont la conscience 5) reflète la dialectique de la nature, 6) régie par une loi d'évolution dialectique, 7) ascendante et constructive, 8) dépassant ainsi le matérialisme mécaniste du XVIII^e siècle (p. 53). La citation de Haldane confirme la perspective de lois dialectiques tant dans la société que dans la nature (p. 54). En effet, le matérialisme marxiste se prétend une science, simple reflet des lois de la nature, refusant toute épistémologie critique qu'il taxe de kantienne ou d'idéaliste (p. 55).

-**La nécessité d'une épistémologie critique** (p. 56). Or l'essor de nouvelles sciences, comme la nouvelle physique quantique ou la psychologie expérimentale et la neurophysiologie prouvent que la science ne restitue pas le donné tel quel mais l'assimile (p. 56).

- **La faillite épistémologique du matérialisme dialectique (p. 57)** avec les niaiseries des exemples illustrant la troisième loi de la dialectique : la fleur qui nie le bouton, -a fois $-a = a^2$ (p. 57). D'importants apports sont condamnés au nom de cette théorie : Engels nie le second principe de thermodynamique ; Lénine refuse l'épistémologie de Mach* ; Jdanov est contre l'école de Copenhague*, et Lyssenko* contre la génétique. Le marxiste Althusser parle, quant à lui, à propos du matérialisme de Monod d'un « matérialisme mécaniciste et donc objectivement idéaliste. » (p. 58)

6). Non déductibilité et imprévisibilité de la biosphère (pp. 59-63)

- **L'illusion anthropocentriste (p. 59)** consiste à penser l'homme comme attendu au terme de l'évolution. Illusion de penser possible une théorie unifiée d'où tout soit déductible, comme le font le progressisme scientifique et son point d'aboutissement, le matérialisme dialectique. (pp. 59-61).

- La biosphère, événement singulier non déductible des premiers principes (p. 61).

La théorie peut prévoir des classes d'événements ou objets mais pas d'objets particuliers. Les objets sont compatibles mais non déductibles, en raison de leur imprévisibilité. Les prévisions sont d'ordre statistique ; le déterminisme de Laplace* est mort. Tout dans la biosphère, y compris notre existence, est tout à fait imprévisible et contingent (pp. 61-63).

Le chapitre 3 intitulé « Les démons de Maxwell », rédigé en 17 pages (HN, 67-83) comprend trois parties.

1). Les protéines comme agents moléculaires de la téléonomie structurale et fonctionnelle (HN, 67-70)

Les êtres vivants sont des machines chimiques dont les réactions métaboliques* sont catalysées* par les protéines enzymes ; machines régies par un système cybernétique* contrôlé par des protéines régulatrices, et dont l'auto-construction est effectuée essentiellement par des protéines constructives. (pp. 67-68).

De la forme ou structure de la protéine dépend sa fonction, à savoir sa discrimination stéréospécifique* (p. 69).

Suit une présentation du plan du présent chapitre et des 2 prochains suivants avec les protéines dans leur fonction catalytique (chapitre 3), régulatrice (chapitre 4), et constructive (chapitre 5) (p. 69).

Étude des propriétés des protéines : leur poids, leur nombre, leur définition comme macromolécules : polymérisation* séquentielle d'acides aminés* de 20 espèces chimiques différentes.

Elles sont de deux espèces : fibreuses (simples gréments) et globulaires, celles qui, précisément, vont constituer le présent objet d'étude. (p. 70).

2). Les protéines, catalyseurs au sein d'un complexe stéréospécifique non-covalent

(pp. 71-81)

- les protéines comme catalyseurs spécifiques (p. 71.)

Un enzyme ne catalyse spécifiquement qu'un seul type de réaction (parmi des milliers) car il n'est actif généralement qu'à l'égard d'un seul corps. (p. 71)

- Exemple de l'enzyme fumarase qui ne catalyse l'acide fumarique qu'en acide malique, une fois additionné d'eau, et n'agit pas sur son isomère géométrique*, l'acide maléique. De plus, l'enzyme ne catalyse et ne produit que l'isomère optique* dissymétrique « naturel » : l'acide L-malique*.

L'explication par l'activité sélective de l'enzyme éclaire le fait qu'un seul des isomères optiques soit dans la nature et de plus, préserve le principe de Curie selon lequel la symétrie des effets reflète la symétrie des causes : la dissymétrie vient de l'enzyme et non du substrat*, puisque l'acide fumarique est optiquement symétrique ; la perte de la symétrie initiale provient du complexe substrat-enzyme formant un « complexe stéréospécifique » (p. 73).

- Autre exemple : l'enzyme aspartase qui, lui aussi, n'agit que sur l'acide fumarique auquel on ajoute de l'ammoniaque cette fois, et non sur son isomère géométrique, et ne produit, lui aussi, que l'isomère de la série L (p. 74).

Dans ces exemples, l'existence du complexe ne peut être posée qu'à titre d'hypothèse explicative. (p. 75)

Dans l'exemple qui suit, celui de la β -galactosidase, cette hypothèse est démontrée : il n'agit que sur un des 16 isomères géométriques (p. 75), et se montre totalement inactif en cas de substitution dans une molécule synthétique de l'atome d'oxygène par du soufre, de même valence pourtant que l'oxygène mais avec une liaison plus forte (p. 76).

- liaisons covalentes* et non-covalentes* (p. 76)

On les distingue selon qu'elles partagent ou non des orbitales électroniques (p. 76). Elles diffèrent par l'énergie d'association, nettement plus forte en ce qui concerne les liaisons covalentes, d'où leur plus grande stabilité, et leur énergie d'activation plus élevée. L'énergie d'activation étant faible, voire nulle pour les réactions non-covalentes, celles-ci se produisent à vitesse très rapide, à faible température et en l'absence de catalyseurs (pp. 77-78). Pour être stables, elles mettent en jeu de multiples interactions, selon des aires toutes spécifiquement complémentaires (p. 79).

- la notion de complexe stéréospécifique non-covalent (p. 79)

L'exemple du complexe stéréospécifique non-covalent enzyme/substrat, met en lumière cette nécessité d'une aire complémentaire et de la position très spécifique du substrat, et cette nécessité de pouvoir se faire et se défaire très rapidement, condition indispensable à la catalyse (p. 80).

Cette notion de stéréospécificité s'applique aux enzymes, aux protéines mais aussi à tous les phénomènes de choix, qui donnent l'impression que les êtres vivants échappent au second principe de la thermodynamique. (p. 81) : se référer aux pp. 140-142.

Retour sur l'exemple de l'acide fumarique : sa réaction aminée*, en chimie organique, produit deux isomères optiques. L'enzyme, lui, ne catalyse la production que de l'un d'eux : le choix binaire correspond à l'information structurale de l'enzyme. Pour amplifier l'énergie de cette information et orienter la réaction dans un seul sens, l'enzyme utilise le potentiel chimique* de la solution d'acide fumarique (p. 82).

3). Le démon de Maxwell (p. 81) annoncé chapitre 1 (*HN*, 36-37) : « On essaiera, dans un prochain chapitre, de donner une idée de la complexité[...]de la machinerie chimique. [...] Il n'y a cependant aucun paradoxe physique dans la reproduction invariante de ces structures : le prix thermodynamique de l'invariance est payé. »

La fonction « démoniaque » des enzymes est ainsi mise en lumière et requiert le même éclairage explicatif que celui effectué à propos de l'hypothèse du démon de Maxwell.

La réponse à un programme fixé à l'avance laisserait imaginer que les enzymes sont guidés par une « fonction cognitive », comme le démon de Maxwell qui, sans consommation apparente d'énergie, parvient à réchauffer une enceinte et refroidir l'autre en ouvrant ou fermant une trappe suivant la vitesse des molécules et parvient ainsi à enfreindre le second principe de thermodynamique. La solution à ce défi est trouvée par Brillouin*, à la suite de Szilard*, montrant que la mesure, effectuée par ce démon, de la vitesse de chaque molécule suppose une consommation d'énergie et que donc le second principe fonctionne bien ici aussi. De même, les enzymes créent de l'ordre, eux aussi, mais aux dépens, quant à eux, d'une consommation de **potentiel chimique*** (pp. 82-83).

Le chapitre 4, « Cybernétique microscopique » rédigé en 21 pages (*HN*, 87-107), comprend quatre parties.

Ce chapitre est annoncé au chapitre 2 p. 47 : « Nous réservons pour le chapitre 4 la discussion de ces mécanismes cybernétiques moléculaires, ce qui nous donnera l'occasion de revenir sur certains arguments des vitalistes. »

1). Une machine chimique intégrée et autonome (pp. 87 - 93)

- cohérence fonctionnelle de la machinerie cellulaire (p. 87).

On connaît les systèmes qui assurent la cohésion entre organes et tissus intercellulaires, tels ceux de la circulation du sang ou du système hormonal. Mais il existe aussi un véritable réseau cybernétique intracellulaire.

- protéines régulatrices et logique des régulations (p. 88).

Les opérations cybernétiques sont assurées par les protéines régulatrices, dont les mieux connues sont les **enzymes allostériques*** qui reconnaissent un substrat*.

Divers modes régulateurs sont possibles : l'inhibition rétroactive, cas où l'enzyme est inhibé par le métabolite final, l'activation rétroactive où l'enzyme est activé par le métabolite final, l'activation en parallèle, où un enzyme est activé par un métabolite d'une séquence parallèle, l'activation de l'enzyme par un précurseur, et particulièrement par le substrat lui-même.

L'enzyme reconnaît plusieurs **effecteurs*** simultanément et adapte son comportement en fonction des différentes concentrations. Chaque fois, l'enzyme forme avec l'effecteur un complexe non-covalent. L'interaction régulatrice ne consomme que très peu d'énergie mais la réaction catalytique gouvernée par ces interactions peut déclencher une énergie considérable.

2). L'allostérie* (pp. 93 - 98)

- mécanisme des interactions allostériques (p. 96).

Un enzyme allostérique est donc asservi à plusieurs potentiels chimiques. Sur un graphique, sa réponse est « sigmoïdale* », avec effet de seuil, par conséquent, et non pas linéaire. Son activité est comparable à celle d'un **relais électronique*** avec un poids bien plus minime (10^{-17} gr contre 10^{-2}). La protéine allostérique est bien un vrai relais moléculaire grâce à des transitions discrètes de structure. Sur l'exemple de 3 potentiels chimiques régulant l'action de l'enzyme, on voit que chaque potentiel est indépendant et que l'interaction n'a lieu qu'entre l'enzyme et chacun d'eux.

Les enzymes allostériques ont des propriétés « intégratives ». Ils conservent l'**état homéostatique*** du métabolisme cellulaire.

3). Systèmes coordonnant l'activité de la cellule (pp. 98 - 105)

- régulation de la synthèse des enzymes (système Lactose), (p. 99).

Les enzymes conservent l'état homéostatique du métabolisme cellulaire, tant au niveau des petites molécules qui viennent d'être évoquées qu'au niveau des macromolécules où fonctionnent également des systèmes régulateurs. L'exemple de l'opéron lactose illustre cette fonction puisqu'il est admis qu'en présence de **galactoside*** dans une **bactérie***, le **répresseur*** de l'**expression*** des **galactosidases*** se détache pour aller s'encaster sur la molécule de galactoside et ainsi libérer la possibilité de l'expression rapide des trois protéines enzymes

permettant l'assimilation par la cellule de ce galactoside. Le répresseur, qui rendait inactive l'expression est donc rendu lui-même inactif par l'**inducteur*** qu'est la galactoside. Mais cette négation de la négation n'a rien de dialectique : elle n'aboutit pas à une proposition nouvelle et ne fait que permettre de transcrire ce qui est déjà présent dans le code génétique.

- notion de gratuité (p. 103)

Ici s'applique le principe essentiel de gratuité chimique du fait que la spécificité des interactions est indépendante de la structure des **ligands*** : elle est due entièrement à la structure de la protéine et à ses diverses configurations, structure « librement, arbitrairement dictée par celle d'un gène. » Cette gratuité explique la richesse quasi infinie d'interconnexions cybernétiques, donnant l'impression d'échapper aux lois de la chimie. Or, c'est dans la structure moléculaire qu'il faut voir la source de l'unité fonctionnelle autonome d'un organisme. Cette entière liberté dans le choix des asservissements, en utilisant des ligands dépourvus d'affinité chimique, est tout à fait remarquable.

4). « Holisme » et réductionnisme (p. 105 - 107)

La position holistique, influencée par Hegel, conteste cette approche analytique. L'étude de cette cybernétique microscopique montre la stérilité de ces thèses organicistes face à la puissance de la méthode analytique. Car, elle montre 1) que la téléonomie n'est pas uniquement le fait de systèmes complexes : une seule molécule régit déjà de multiples interactions ; 2) que celles-ci sont choisies en fonction de la cohérence de l'ensemble ; 3) et que toutes les activités intracellulaires sont asservies les unes aux autres, en un réseau cybernétique.

Le chapitre 5, « Ontogénèse moléculaire », de 19 pages, (HN, 111-129) comprend quatre parties.

Ce chapitre est annoncé dans le chapitre 4 (p. 94), en ces termes : « Nous verrons dans le prochain chapitre que la structure compliquée et compacte d'une **protéine globulaire*** est stabilisée par de très nombreuses liaisons non-covalentes qui, ensemble, coopèrent au maintien de la structure. »

1). L'assemblage stéréospécifique spontané des constituants protéiniques (pp. 111 - 117)

L'organisme diffère d'une machine par son mode de construction, puisqu'il se construit de lui-même et par lui-même : essence physique de cette construction d'édifices moléculaires constituant « l'ontogénèse moléculaire ».

- l'association spontanée des sous-unités dans les protéines oligomériques (p. 114).

Les protéines globulaires (cf. pp. 70-96 et p. 97), constituées d'**oligomères*** divisibles en **protomères*** associés, interchangeables par rotation, sont semblables à de véritables cristaux

microscopiques fermés, avec gain ou perte de certains éléments de symétrie. Quand des protomères sont dissociées en unités **monomériques***, elles perdent leur pouvoir catalyseur et régulateur. Dès leur réassociation en polymères, elles reprennent ces fonctions. Cette réassociation s'effectue même en présence de nombreuses autres protéines différentes. On assiste là à un processus « épigénétique* » avec polymérisation c'est-à-dire l'apparition de molécules plus grosses acquérant de nouvelles fonctions. Il s'agit d'un processus « spontané » au sens **thermodynamique*** : pas d'injection de nouveau potentiel chimique, et cinétique, pas de catalyseur.

- structuration spontanée des particules complexes (p. 114).

C'est le cas du **ribosome*** avec ses composants du mécanisme de traduction : à partir de constituants dissociés, on assiste à leur reconstitution spontanée *in vitro*.

C'est aussi le cas du bactériophage dont on peut séparer les pièces de la structure, qui correspond à la fonction de seringue dans la paroi de la cellule hôte ; ces pièces se réassemblent *in vitro* spontanément.

Ces deux exemples, d'une structure, certes, plus complexe que la structure d'un cristal, relèvent néanmoins d'interactions chimiques de même nature que celles qui construisent un cristal. Cette étude réduit à néant la querelle entre préformationnistes* et épigénétistes* : le plan de la structure est présent dans les constituants mais inexprimé tant que n'advient pas la structure dans les constituants.

2. Morphogénèse microscopique et morphogénèse macroscopique (p. 117) Les phénomènes macroscopiques (construction d'un tissu, d'un organe) sont la résultante intégrée d'interactions microscopiques multiples dues aux protéines, par formation spontanée, grâce à leur propriété de reconnaissance stéréospécifiques, de complexes non-covalents.

Mais ceci est encore une position de principe, sans théorie véritablement achevée. En particulier, le système nerveux central pose des problèmes dus à la présence d'interconnexions à des distances relativement considérables (cf. p. 186).

Les notions de gradients* ou de **champs morphologiques*** ont été récemment créées pour expliquer les phénomènes de régénération, par exemple. Ces notions sont cependant moins quantifiables que celle d'interactions stéréospécifiques, à envisager dans leur dimension cinétique, et non pas uniquement statique. Seules les interactions de ce type seront la clé explicative de tous les phénomènes encore inexpliqués.

3. Le mode de formation de la structure des protéines (pp. 120 - 125)

- structure primaire et structure globulaire des protéines (p. 120).

La structure d'une protéine globulaire est formée par deux types de liaisons : des liaisons covalentes dans **la structure linéaire primaire*** (CO-NH), et de multiples liaisons non-covalentes (CH-CO; CH-NH) dans la **structure dite « native »*** qui la stabilisent. Contrairement à une idée reçue, une même espèce chimique n'existe à l'état natif que dans une seule conformation. Cette précision de structure, avec une position des atomes extrêmement rigoureuse, est la condition de la spécificité d'association.

- formation des structures globulaires (p. 122).

On sait maintenant que le déterminisme génétique spécifie exclusivement la séquence des acides aminés correspondant à la protéine et que la **fibre polypeptidique*** ainsi obtenue se replie spontanément et de façon autonome pour adopter la conformation globulaire. À la fibre déployée, de multiples conformations sont accessibles ; une seule conformation est choisie par la fibre repliée, parmi des milliers : un processus épigénétique est déjà à l'œuvre à ce niveau macromoléculaire. L'explication de ce phénomène est la suivante : la protéine, en phase aqueuse, expulse les molécules d'eau et adopte ainsi une structure compacte. La structure la plus compacte de toutes sera privilégiée, opération qui demande beaucoup plus de quantité d'information que celle requise pour la définition de la séquence en acides aminés elle-même.

- le faux paradoxe de « l'enrichissement » épigénétique. (p. 125).

Il n'y a pas cependant de mystère à cela, comme le voulait Elsässer, car l'information génétique réagit aux conditions initiales, en particulier la présence d'eau, en dégageant l'énergie suffisante par l'expulsion d'eau pour réaliser cette structure tridimensionnelle. Les conditions initiales ne spécifient pas l'information mais éliminent les autres structures possibles.

4). Le processus de structuration d'une protéine globulaire est l'image microscopique et la source de l'ontogénèse du vivant.

De proche en proche, en plusieurs niveaux, nous avons l'explication de l'ontogénèse de l'organisme vivant : de la protéine repliée en structure globulaire, dotée des propriétés stéréospécifiques, en passant par les interactions entre protéines et autres constituants pour former les **organites***, jusqu'aux interactions entre cellules pour former les tissus et les organes. « Tout comme dans un feu d'artifice à plusieurs étages », (p. 126.) le niveau inférieur contient potentiellement le niveau supérieur.

- l'ultima ratio des structures téléonomiques (p. 126).

L'*ultima ratio* de ces structures et performances téléonomiques est contenue dans ces protéines globulaires. Si l'on savait non seulement décrire mais donner leur loi d'assemblage, le secret de la vie serait percé.

Avec la première séquence complète de protéine, celle de l'insuline, décrite en 1952 par Sanger, aucune loi ne fut dégagée. En fait, après l'étude de centaines de séquences de protéines, la loi d'assemblage générale qui se dégage, c'est celle du hasard.

Il est impossible de formuler une règle permettant de déduire le 200^{ème} résidu d'une séquence, si l'on connaît les 199 précédents. Et cela n'est pas un aveu d'ignorance : soit deux résidus, la fréquence moyenne avec laquelle le premier est suivi du second est égale au produit des fréquences moyennes des deux. Ou encore, le résultat de séquences de 20 acides aminés est équivalent au hasard du résultat des séquences obtenues après avoir battu un jeu de 200 cartes représentant chacune un acide aminé, ceux-ci ayant été répartis dans le jeu selon une proportion moyenne.

Cependant, cette séquence produite au hasard, n'a pas été synthétisée comme séquence *actuelle* au hasard, puisque reproduite sans erreur dans toutes les molécules. En ce sens, chaque protéine est reproduite par un mécanisme qui assure l'invariance des structures.

- l'interprétation du message (p. 128).

Ce message, qui semble avoir été écrit au hasard, est cependant signifiant. La protéine, par un jeu de combinaisons aveugles, devient une machine avec des propriétés fonctionnelles. Hasard converti en nécessité. La protéine fonctionnelle donne la clé de compréhension de toute la biosphère et se dévoile, dans son message, qui ne révèle dans sa structure que le hasard de son origine, le projet de tout organisme vivant.

Le chapitre 6 « Invariance et perturbations » étendu sur 20 pages (HN, 133-152) comprend quatre parties.

Ce chapitre est annoncé (p. 59) au chapitre 2 : « Aux yeux de la théorie scientifique moderne toutes ces conceptions sont erronées (qui font d'un principe téléonomique initial le moteur de l'évolution), et cela pas seulement pour des raisons de méthode (parce qu'elles impliquent d'une manière ou d'une autre l'abandon du **postulat d'objectivité***), mais pour des raisons de fait, qui seront discutées notamment dans le chapitre 6. »

1). Différence entre les métaphysiques occidentales et la science (pp. 133 - 135)

- Platon et Héraclite (p. 133). Deux métaphysiques opposées dans la pensée occidentale selon la promotion de l'invariance ou du mouvement.

La science ne prend pas part à ce débat. Son seul *a priori* est le postulat d'objectivité, et sa recherche consiste essentiellement en la découverte des invariants, intégrant par conséquent un indéniable élément platonicien. Les équations différentielles, par exemple, pour rendre compte du mouvement ont été inventées dans ce but. Simple discours, loin de la réalité ? Non,

car le principe d'identité, par exemple, simple postulat en physique classique devient réalité substantielle en physique quantique, affirmant l'identité *absolue* de deux atomes dans le même état quantique.

2). Les invariants (pp. 135-142) La quasi identité de la chimie cellulaire dans la biosphère entière.

- les invariants anatomiques (p. 135).

Les naturalistes du XIX^e siècle recherchaient déjà les invariants à travers les plans anatomiques qui sont les plans fondamentaux d'organisation, ce qui leur a permis de regrouper dans l'embranchement des chordés* les tuniciers* et les vertébrés, et moins évident encore, de voir des affinités entre chordés et échinodermes*. C'est la recherche de ces plans qui a donné naissance à la zoologie et à la paléontologie, toutes deux justifiant la théorie de l'évolution.

- les invariants chimiques (p. 137).

Déjà la théorie cellulaire permettait d'entrevoir une nouvelle unité sous la diversité. Mais c'est la biochimie qui révèle la profonde unité du monde vivant tout entier à l'échelle microscopique, répondant à la même machinerie chimique, identique dans ses structures et ses fonctions. En effet, la structure est faite des deux mêmes classes de macromolécules : les nucléotides avec les mêmes quatre types ACGT et les protéines avec les mêmes 20 acides aminés. Les fonctions requièrent la même mobilisation du potentiel chimique et la même biosynthèse des constituants. Seules de toutes petites variantes apparaissent au gré de modifications de voies métaboliques : telle la formation de l'urée pour les mammifères, en raison de la modification de la séquence de réactions qui synthétise les nucléotides puriques et de l'acide urique pour les oiseaux, synthèse qui aboutit à l'arginine.

Le problème devient alors de savoir quelle est la cause de la diversité des vivants ; mais aussi de savoir comment chaque espèce parvient à maintenir sa norme structurale. La réponse pour le problème de la diversité est dans l'infinie combinaison possible de cet alphabet composé de nucléotides et d'acides aminés, et la solution de l'invariance de l'espèce se trouve dans la reproduction à chaque génération cellulaire du texte écrit sous forme de séquences de nucléotides dans l'ADN.

- l'ADN comme invariant fondamental (p. 139).

Celui-ci est composé de 2 fibres complémentaires associées par liaisons non-covalentes, en relation stéréospécifique, chacun des nucléotides n'étant appariable qu'à un seul des 3 autres : A avec T et C avec G. Le principe de l'invariance répllicative ou de la réplication est le suivant : il y a séparation des 2 fibres, suivie par la reconstitution nucléotide par nucléotide ; ain-

si s'obtiennent deux molécules filles identiques à la molécule mère et chacune des deux fibres, en refait deux qui s'enroulent à leur tour. La structure des fibres est en effet hélicoïdale, définie par translation et rotation. On peut parler d'un **crystal** fibrillaire ou mieux, **apériodique***, car la séquence des paires de bases est non répétitive. Les nucléotides, quant à eux, sont associés par des liaisons covalentes, qui nécessitent un potentiel chimique et un catalyseur, l'enzyme ADN polymérase assurant la fidélité du transfert d'information.

3). Le mécanisme de la traduction (pp. 142 - 146)

- la traduction* du code. (p. 142).

La séquence de nucléotides est traduite en séquence d'acides aminés. Ce sont encore, comme dans le processus de réplication, des interactions stéréospécifiques non-covalentes qui assurent le transfert d'information. Le code génétique est un langage dont chaque lettre est constituée par un triplet dans l'ADN spécifiant un acide aminé dans le polypeptide*, sans **relation stérique*** directe entre l'un et l'autre. D'où le caractère apparemment arbitraire du code qui aurait pu se faire selon une autre convention. Le ribosome apparaît tel une machine-outil, acceptant la lettre de l'ADN transcrite* en ARN messager. Un ARN de transfert relie le triplet de l'ARN messager à l'acide aminé correspondant. Ensuite, un autre triplet prend la suite et le processus recommence. De ce fait, on comprend que l'organisme entier constitue l'expression épigénétique du message génétique lui-même.

- l'irréversibilité de la traduction. (p. 144).

Il n'y a jamais information de protéine à ADN mais toujours d'ADN à protéine : cela est un principe fondamental de la biologie moderne. Les modifications sont toujours la conséquence d'une altération des instructions dans un segment de séquence d'ADN. Le système est donc intensément conservateur, fermé sur soi-même. La cellule est bien une machine. C'est un système foncièrement cartésien. Il n'y a pas de dialectique entre lui et le milieu extérieur.

4). L'imperfection du mécanisme de conservation moléculaire ouvre la voie à l'évolution (pp. 146-152)

Cependant, des altérations d'ordre quantique se produisent obligatoirement. La sénescence et la mort sont liées en partie à l'accumulation d'erreurs accidentelles de traduction altérant les composants responsables de la traduction elle-même.

- perturbations microscopiques (p. 146). Il y a de semblables perturbations dans le mécanisme de réplication qui entraînent des erreurs de transcription et des altérations dans la séquence d'acides aminés. La génétique moléculaire a mis en lumière différents types d'altérations dans une séquence de segment d'ADN : substitution d'une paire à une autre,

délétion ou addition d'une ou plusieurs paires, « coquilles » dans le texte comme des répétitions, inversion, translocation, fusion.

Toutes ces altérations relèvent uniquement du hasard. « Le hasard pur, le seul hasard, liberté absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution. » Cette notion n'est plus une hypothèse, elle est la seule compatible avec les faits et l'expérience. Notion contre laquelle se dressent vitalistes et animistes.

- incertitude opérationnelle et incertitude essentielle (p. 148)

Au jeu de dé ou de la roulette, l'incertitude est purement opérationnelle ainsi que pour tous les phénomènes où le calcul des probabilités est utilisé.

En revanche, le hasard est essentiel lorsqu'un accident se produit à la rencontre de deux séries d'événements totalement indépendantes, comme l'illustre l'exemple de la chute fatale du marteau du plombier sur la tête du docteur. De même, il y a indépendance totale entre la cause d'une erreur dans la réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles, qui, elles, dépendent de la structure de la protéine, hasard encore plus radical inscrit dans la structure quantique de la matière, régie par le principe d'incertitude. Quand bien même ce principe serait contestable et réductible à une incertitude opérationnelle, il n'en demeure pas moins qu'on ne peut voir qu'un hasard essentiel entre une mutation de séquence d'ADN et ses effets fonctionnels au niveau de la protéine, à moins de revenir au système laplacien d'où le hasard est banni.

- l'évolution : création absolue et non révélation (p. 151).

Bergson considère à juste titre l'évolution comme une force créatrice, prenant la création pour fin en elle-même et pour elle-même, à la différence des animistes qui voient en elle le déroulement d'un programme inscrit dans l'univers. Pour eux, l'évolution n'est qu'une révélation d'intentions de la nature encore inexprimées et, à leurs yeux, l'émergence en ce qui concerne l'évolution est de même nature que celle du développement embryonnaire. Or, selon la théorie moderne, la notion de révélation s'applique au développement épigénétique de l'organisme mais non à l'évolution qui est créatrice de nouveauté absolue. En effet, selon celle-ci, l'évolution n'est pas une propriété des êtres vivants, mais doit son origine aux perturbations dans la structure répliquative de l'ADN.

Le chapitre 7 « Évolution », de 20 pages, (HN, 155-174), comprend quatre parties.

1). Le génome, immense réservoir de variabilité fortuite et le paradoxe de sa permanence (pp. 155-159)

- Le hasard et la nécessité (p. 155).

Les perturbations qui sont le fait du hasard demeurent microscopiques, et l'accident, une fois inscrit dans l'ADN, entre dans le domaine de la nécessité, vu l'implacable réplication de cette altération à des millions d'exemplaires. La sélection, quant à elle, opère à l'échelle macroscopique, celle de l'organisme, donc dans le règne de la nécessité.

L'idée de sélection naturelle ne repose pas sur cette vue naïve de la « lutte pour la vie », selon l'expression de Spencer, mais bien plutôt sur la donnée quantitative du **taux différentiel de reproduction***. Par ailleurs, ne sont sélectionnées comme altérations que celles qui sont compatibles avec la cohérence de l'appareil téléonomique, ou qui la renforcent, voire qui l'enrichissent. On peut dire que cet appareil joue le rôle de conditions initiales à l'admission ou au rejet d'un essai dû au hasard.

– **richesse de la source de hasard (p. 157)**

À l'échelle d'un individu, la mutation est un événement très rare, mais à l'échelle d'une population, c'est la règle. C'est à cette échelle que s'exerce **la pression de sélection***. Au total, on estime dans la population humaine (à l'époque de 3 fois 10^9), le nombre de mutations à quelques 100 à 1 000 milliards, toutes mutations individuelles ou obtenues par recombinaisons sexuelles confondues ; ce qui atteste l'extrême variabilité fortuite dans le génome.

- « **paradoxe** » **de la stabilité des espèces (p. 158).**

C'est plutôt alors la stabilité des espèces qui devient inexplicable. L'apparition du monde animal date de la fin du Cambrien, il y a 500 millions d'années. Or, il n'y a pas eu d'évolution ni de la lingule, depuis 450 millions d'années ni de l'huître, depuis 150 millions d'années. Cette stabilité ne peut s'expliquer que par la cohérence du système téléonomique qui, comme un filtre, joue le rôle de frein ou de guide.

2). L'évolution ne contredit pas le second principe de thermodynamique, en raison de la richesse foisonnante offerte par le hasard, localement et sur une courte durée (pp. 160 - 162)

- **l'irréversibilité de l'évolution et le deuxième principe (p. 160).**

Une mutation simple est réversible. Mais toute évolution, résultant de nombreuses mutations indépendantes puis recombinaisons par la sexualité, est statistiquement irréversible. Ce processus définit une direction dans le temps, la même que celle qu'impose le second principe de la thermodynamique qui constate l'accroissement de l'entropie. Loin de le contredire, l'irréversibilité apparaît comme une expression de ce principe qui n'exclut pas qu'un système faible et de courte durée puisse remonter la pente de l'entropie. Il n'est pourtant pas surprenant que la tendance ascendante de l'évolution continue de faire problème et que la théorie

darwinienne moléculaire soit encore suspecte aux yeux de bon nombre de biologistes et de philosophes, cela faute de concevoir l'inépuisable richesse de la source du hasard.

- origine des anticorps (p. 161)

L'exemple de la formation de la structure des anticorps* illustre très bien cette source d'une richesse quasi infinie : en effet, ceux-ci ont la capacité de reconnaître virus et bactérie, cette reconnaissance n'ayant lieu qu'après contact au moins une fois. Or, la structure de l'anticorps se forme par recombinaisons et mutations, sans connaissance de celle de l'antigène*, qui cependant favorise les cellules qui produisent un anticorps qui le reconnaît. C'est la richesse de la source du hasard qui est donc capable de fournir à l'organisme ces anticorps « tous azimuts ».

3). Le comportement comme orientant les pressions de sélection (p. 163), (pp. 162-165)

La conception de la sélection opérée par les conditions du milieu extérieur est erronée, car les conditions extérieures ne sont pas indépendantes des performances de l'espèce. L'organisme « choisit » les interactions avec le milieu qui, elles, déterminent l'orientation de sélection. Celle-ci est d'autant plus dépendante des performances téléonomiques que l'autonomie de l'organisme est grande. Elle devient décisive pour les organismes supérieurs dont survie et reproduction dépendent du comportement. Le choix initial de tel ou tel comportement aura de fortes répercussions pour l'espèce et sa descendance. En matière d'évolution, l'invasion d'espaces écologiques nouveaux joue un rôle très important : que l'on pense au poisson qui a décidé d'aller sur terre et dont le comportement va entraîner l'évolution vers les quatre lignées de vertébrés tétrapodes. La tendance générale au développement d'un certain organe engage l'espèce, du fait d'un certain type de comportement, dans la voie d'un perfectionnement des structures et des performances. On peut penser à l'exemple du cheval dont l'entraînement à la course fait qu'il ne court plus que sur un seul doigt. On peut penser aussi aux parures colorées des oiseaux qui se perfectionnent sous la pression de la sélection naturelle et du désir.

Si l'hypothèse de l'hérédité des caractères acquis de Lamarck est inacceptable, en revanche, la sélection aboutit bien à ce qu'il voulait expliquer : le couplage étroit des adaptations anatomiques et des performances spécifiques.

4). Le langage articulé à l'origine d'une évolution à la fois culturelle et physique de l'homme (pp. 165-174)

Le développement de la performance spécifique de l'homme, le langage symbolique, est un événement unique dans la biosphère qui ouvre la voie à une autre évolution, créatrice d'un nouveau régime, celui de la culture.

- le langage et l'évolution de l'homme (pp. 166-170.)

Le langage humain, selon les linguistes modernes, est irréductible aux autres langages animaux mais penser une discontinuité entre le langage des grands singes et le langage humain est une hypothèse inutile. Cependant, le langage humain permet d'exprimer, d'individu à individu, à l'aide de combinaisons originales, de nouvelles associations révélant une modification personnelle, ce qui, chez les animaux, est impossible.

Bien que l'on ne connaisse pas de langues primitives, d'après Chomsky, toutes les langues auraient la même structure. Les performances du langage sont dues au développement du système nerveux chez l'Homo sapiens, qui le distingue de tous les autres vivants, l'évolution de l'homme ayant porté essentiellement, par une pression de sélection depuis quelques millions d'années, sur le cerveau. S'opère ici un couplage entre le système nerveux et cette performance de langage qui fait d'elle à la fois le produit et l'une des conditions initiales de cette évolution : celle-ci apparaît comme l'un de ces choix initiaux qui engage l'avenir de l'espèce par une pression de sélection nouvelle qui favorise son développement et par conséquent celui du cerveau qui est l'organe qui la sert.

Les hominiens les plus anciens possédaient déjà le langage, l'adoption de la position debout avec spécialisation du pied en relation avec la modification du squelette, de la musculature, et de la position du crâne par rapport à la colonne vertébrale. L'apport de cette libération de la marche à quatre pattes a fait de ces hommes des chasseurs capables d'utiliser les membres antérieurs, en dépit de leur capacité crânienne encore proche de celles des singes, vu que le cerveau du Zinjanthrope n'est pas plus lourd que celui du gorille. Mais si le singe utilise des outils de fortune trouvés dans la nature, l'homme, déjà *Homo faber*, est capable de produire de véritables artefacts, selon une norme. On peut donc supposer qu'il utilisait déjà le langage à proportion de son activité. S'il est vrai qu'il chassait des bêtes sauvages, il lui fallait convenir avec ses congénères d'une tactique concertée formulée à l'avance. Malgré le faible volume du cerveau des Australanthropes, - selon la terminologie plus juste de Leroi-Gourhan, qui préfère cette appellation à celle d'Australopithèques -, on peut supposer que ce sont des modifications neuro-motrices qui ont pu développer le langage articulé. Dès son apparition, celui-ci s'avère comme un avantage très grand, conjoint à celui de l'intelligence, sur tous les autres vivants.

- l'acquisition primaire du langage (p. 171).

L'enfant a une facilité incroyable pour l'apprentissage du langage, ce qui fait dire que celui-ci est certainement lié au processus épigénétique qui voit se développer les structures neurales sous-jacentes aux performances linguistiques. La preuve en est que les lésions aphasiques

sont réversibles chez l'enfant et non chez l'adolescent ; on constate aussi la difficulté à l'âge adulte d'apprendre une seconde langue.

- l'acquisition du langage programmée dans le développement épigénétique du cerveau (p. 172)

Cette hypothèse est confirmée par les données anatomiques : de fait, le développement du cerveau continue jusqu'à la puberté, avec de plus en plus d'interconnexions, même si le processus est très rapide les deux premières années de la vie et se ralentit après. Cette acquisition du langage, qu'il est impossible de dissocier de la fonction cognitive qui se développe en lui et par lui, s'inscrit dans la trame du développement épigénétique, dont une des fonctions est d'accueillir précisément cette acquisition.

Ce qui fait que le langage ne peut apparaître comme une superstructure mais bien une forme innée, en tant que forme commune à toutes les langues, d'après Chomsky, caractéristique de l'espèce humaine. Retour à la métaphysique cartésienne ? Cela n'a rien de choquant si l'on intègre le contenu biologique implicite, à savoir si l'on considère que l'évolution des structures du cortex a été influencée par la capacité linguistique. Le langage articulé n'a pas seulement permis l'évolution de la culture mais a contribué aussi à l'évolution physique de l'homme. La capacité linguistique fait bien partie de la « nature » humaine définie par le génome ; il s'agit donc d'un produit, en définitive, du hasard.

Le chapitre 8, « Les frontières », étendu sur 23 pages (HN, 177-199), est composé de six parties.

1). La théorie de l'évolution n'est plus à défendre : elle est démontrée (pp. 177-178)

Les frontières actuelles de la connaissance biologique (p. 177)

On peut se prendre à douter de la conception d'une sélection aveugle en voyant la prodigieuse richesse des structures qu'elle crée.

Les frontières actuelles de la connaissance biologique (p. 177)

Pourtant celle-ci est la seule conception qui soit compatible avec les faits, (notamment la répllication, la mutation* et la traduction.). Elle explique ce qui paraît miraculeux, même s'il est difficile de s'en faire intuitivement une image mentale. La même difficulté existe en physique ; mais quand une théorie a pour elle l'expérience et la logique, les difficultés ne sont pas un argument. En physique, la difficulté vient de ce que l'objet d'étude est en dehors de notre expérience immédiate. Il n'en va pas de même en biologie : la difficulté ne réside ni dans le mécanisme simple des interactions élémentaires ni dans les mécanismes élémentaires de l'évolution qui assurent la stabilité des espèces, par invariance répllicative et cohérence téléonomique, mais dans l'extrême complexité des systèmes vivants.

Si cette notion centrale d'« évolution » demande encore à être précisée, cependant l'évolution ne fait plus problème. Les frontières de la connaissance se situent bien plutôt à ses deux extrémités : l'origine des premiers systèmes vivants et le système nerveux central, système le plus téléonomique qui soit.

2). Un problème, une énigme (pp. 179-185)

- Le problème des origines (p. 179)

On peut déceler *a priori* trois étapes dans le processus qui conduit à l'apparition de la vie :

- tout d'abord, la formation sur la terre des nucléotides et acides aminés. C'est la phase « pré-biotique » qui voit la formation, il y a 4 milliards d'années, grâce à l'atmosphère et à la croûte terrestre, des composés du carbone, tel le méthane, ou encore la formation de l'eau ou de l'ammoniaque. On obtient assez facilement, en laboratoire, à partir de ces constituants des acides aminés et des précurseurs des nucléotides, avec rendement très élevé de ces synthèses, dans certaines conditions. L'eau pouvait contenir dans cette phase des macromolécules* formées par polymérisation* de ces constituants.
- Ensuite, est venue la formation des premières macromolécules avec un avantage sélectif pour celles aptes à répliquer spontanément.
- Enfin, des systèmes téléonomiques ont émergé capables de construire un organisme, tel la cellule primitive. Cependant, nous n'avons aucune idée de la cellule primitive car des cellules les plus simples, telles les bactéries ne sont pas primitives : depuis plus d'un million d'années, elles emploient le même code génétique et la même mécanique de traduction que tous les autres vivants. Le développement du **système métabolique*** et l'émergence de la membrane à perméabilité sélective posent aussi « des problèmes herculéens. »

- L'énigme de l'origine du code (p. 182) : cf. p. 143, chapitre 6

Le code ne peut être traduit que par des produits de traduction, qui sont environ au nombre de 150 constituants, eux-mêmes codés dans l'ADN*. De deux choses l'une : soit la structure du code possède une affinité stéréochimique avec l'acide aminé qu'il représente, soit celle-ci est chimiquement arbitraire. La première hypothèse, bien que séduisante, n'a jamais encore été prouvée ; ce qui, vu l'absence de preuve, nous fait envisager la seconde, avec l'élaboration d'une seule forme qui ait survécu, le code universel, hypothèse qui ne propose pas cependant un modèle de traduction primitif.

Vu la difficulté de l'énigme, il se peut que le degré de probabilité de l'apparition de la vie sur terre soit quasi nul, et que toute la biosphère soit le produit d'un événement unique, même si, on peut penser, mais sans certitude, que d'autres variantes éliminées par la sélection se soient produites également.

Cette idée d'un événement unique répugne aux scientifiques qui ne traitent pas du singulier et heurte notre tendance à penser les choses dans l'univers comme nécessaires.

3). Le système nerveux central (pp. 185-188)

À défaut de pouvoir saisir intégralement sa propre structure, difficulté soulevée par les logiciens, l'homme peut étudier cependant le système nerveux central d'un animal.

L'autre frontière : le système nerveux central (p. 185).

Si l'exploration complète du cerveau d'une grenouille nous reste impénétrable, le cerveau humain a le mérite de nous offrir des données à la fois objectives et subjectives. Il reste que son développement épigénétique pose un vrai problème vu sa complexité : 10^{13} neurones interconnectés par 10^{15} synapses, avec des associations entre cellules nerveuses éloignées. Pour comprendre le fonctionnement, il est nécessaire d'en connaître l'élément primaire, la synapse, interprétée en termes d'interactions moléculaires. Problème essentiel : où réside le secret de la mémoire ? La théorie la concernant, posant des altérations d'interactions constituée par l'enregistrement des données, ne relève pas de preuves. L'électrophysiologie a fourni des résultats significatifs, sur le neurone vu comme intégrateur de signaux par l'intermédiaire des synapses, comparable aux composants d'une calculatrice électronique par ses opérations d'addition, de soustraction de différents signaux, et plus pointues encore, de modification de la fréquence des signaux en fonction de leur amplitude. Bien que de beaucoup plus complexe que la calculatrice, la comparaison avec les machines cybernétiques est fructueuse ; comparaison cependant valable pour les premiers degrés d'analyse sensorielle, mais qui ne l'est plus du tout en ce qui concerne le langage qui lui échappe totalement. Quantité et qualité sont ici interchangeables, cas où la première loi de la dialectique s'applique.

4). Fonctions du système nerveux, analyse sensorielle et mise en lumière de l'inné (pp. 188-193)

- fonctions du système nerveux central (p. 188).

On peut dégager 5 fonctions primordiales du cerveau. Les 3 premières peuvent se ranger dans la catégorie des fonctions coordinatrices et représentatives : il s'agit en 1) de la commande et coordination de l'activité neuro-motrice en fonction des afférences sensorielles, en 2) du maintien et du déclenchement de programmes d'action plus ou moins complexes, en 3) de la capacité d'analyser, de filtrer et d'intégrer les afférences sensorielles en vue d'une représentation du monde, appauvrie et orientée. On trouve déjà ce premier type de fonctions chez les arthropodes* et en particulier les insectes. Ensuite viennent en 4) la catégorie de la fonction cognitive définie par la capacité d'enregistrer et de grouper les événements les plus significatifs - cette fonction joue un rôle important chez les invertébrés supérieurs tel le poulpe et chez

les vertébrés – et en 5) la capacité d’imaginer c’est-à-dire de représenter et simuler des événements extérieurs ou des programmes d’action : cette fonction est le fait des seuls vertébrés supérieurs, fonction créatrice d’expérience subjective.

- analyse des impressions sensorielles. (p. 190)

Déjà, la représentation appauvrie est une sorte de « résumé critique ».

Plusieurs exemples l’attestent : celui de l’œil de la grenouille qui ne peut voir qu’une mouche en vol, pour l’attraper, l’image de la mouche en repos n’étant pas transmise. Certaines expériences sur le chat ne montrent pas de signaux devant le spectre complet des couleurs, le blanc étant interprété comme absence de couleur. Certains animaux tels le poulpe ou le rat peuvent intégrer des formes géométriques telles le triangle, le cercle ou le carré. Cette même étude chez le chat montre que ces reconnaissances géométriques sont dues à la structure des circuits qui recomposent l’image rétinienne. Enfin, certaines cellules nerveuses ne répondent qu’à une figure d’une droite inclinée de gauche à droite, et d’autres cellules, à une droite inclinée en sens inverse.

- innéisme et empirisme. (p. 192).

L’innéité des cadres de la connaissance donne raison à Descartes et à Kant. Les éléments sont toujours acquis selon un programme qui, lui, est inné, génétiquement déterminé : le processus d’apprentissage primaire du langage chez l’enfant en est un exemple. De plus, on ne fera peut-être jamais d’investigation complète du cerveau humain car l’homme ne peut que s’interdire d’explorer ces structures constitutives de son être, par respect pour lui-même.

5). Débat à l’avantage des idéalistes et le propre de la pensée humaine (pp. 193-197)

La controverse innéité cartésienne/empirisme rappelle celle des biologistes sur phénotype*/génotype*. Le progrès donne tort à ceux qui méprisent les idées en rejetant la représentation idéale de l’invariance du gène. Cependant l’inné vient bien réellement de l’expérience, mais pas de l’expérience immédiate des empiristes mais de celle accumulée par l’espèce entière au cours de l’évolution, expérience puisée au hasard et triée par la sélection.

– la fonction de simulation (p. 194)

Cette fonction paraît caractériser les propriétés uniques du cerveau humain. On trouve déjà chez le jeune chien cette fonction d’anticipation lorsqu’il montre sa joie avant la promenade. Mais chez l’animal, comme chez le jeune enfant, cette fonction est encore associée à l’activité neuro-motrice manifestée par le jeu, par exemple. Chez l’homme, cette simulation devient fonction créatrice, exprimée par la symbolique du langage.

L’expérience scientifique est avant tout expérience imaginaire, et non verbale ; Monod dit s’être surpris lui-même à se prendre pour une molécule de protéine. Une preuve en est donnée

dans l'expérience de Sperry sur l'aphasie : en cas de dissociation des deux hémisphères du cerveau, un objet vu par l'œil gauche ou reconnu par la main gauche n'est cependant pas nommé ; or l'hémisphère droit aphasique, supérieur au gauche, peut reconnaître sur un écran plan un objet vu en trois dimensions. L'hémisphère droit semble donc jouer un rôle plus important dans cette activité de simulation subjective.

6). Le simulateur, instrument de découverte et de création (pp. 197-198)

Le développement de la pensée et le pouvoir de simulation est donc le résultat d'une évolution, triée par la sélection jusqu'à l'Homo sapiens. Déjà ses ancêtres devaient pratiquer cette fonction de simulation pour organiser la chasse. Cette fonction de découverte et de création se manifeste dans les mathématiques, qui doivent leurs résultats conformes au réel non à l'expérience concrète mais au simulateur. En confrontant logique et expérience, on confronte toute l'expérience accumulée au cours de l'évolution à l'expérience actuelle.

7). Le dualisme cerveau / pensée : une illusion ? (pp. 198-199)

Cependant, nous méconnaissons encore sa structure et son fonctionnement. À défaut d'expérimentation physiologique relativement inopérante, il reste l'introspection et l'analyse du langage.

L'illusion dualiste et la présence de l'esprit.

Le dualisme cartésien entre cerveau et pensée demeure. Cependant l'objectivité voit dans ce dualisme une illusion. Illusion bien difficile à combattre car il paraît vain d'apprendre à vivre affectivement et moralement sans elle. On ne peut nier la présence de l'esprit. On peut nier l'idée de « substance » immatérielle sans nier l'existence de l'âme, et voir son insondable profondeur dans l'héritage à la fois génétique, culturel et personnel de chacun.

Le chapitre 9 « Le Royaume et les ténèbres », de 23 pages (HN, 203-205) comprend huit parties. Nous en avons numéroté ici les paragraphes qui ont fait l'objet d'une étude thématifiée, en troisième partie de notre étude, au vu de son importance philosophique.

1). La culture, son évolution (pp. 203-205), §1 à 7.

Avec la simulation, un nouveau règne est né et l'évolution de la culture devient possible.

- pression de sélection dans l'évolution de l'homme

Désormais, l'évolution physique de l'homme est associée à celle du langage. L'homme moderne, héritier de la dualité « idéelle » et physique, est le produit de cette symbiose évolutive. Alors que pendant des centaines de milliers d'années, le langage était lié, vu le faible développement du cortex, essentiellement à l'anticipation d'événements en vue de la survie, la pression de sélection a poussé au développement du pouvoir de simulation et de langage. Peu

à peu, l'homme s'est mis à dominer son environnement, et c'est la lutte à mort intraspécifique qui est devenue le principal facteur de sélection de l'espèce humaine. Si la « lutte pour la vie » de Spencer a joué peu de rôle dans l'évolution des espèces, elle joua un grand rôle pour l'espèce humaine. Il est très probable que la mort de l'homme de Neandertal soit due à un génocide par Homo sapiens. Cette pression de sélection a favorisé d'une part l'expression des plus doués et d'autre part la cohésion sociale. Ainsi, l'évolution culturelle a nécessairement influencé l'évolution physique. Dans le cas de l'homme, c'est le comportement et la culture qui ont exercé et orienté la pression de sélection sur le génome, jusqu'au moment où l'évolution culturelle si rapide en dissocie celle du génome*.

2). Danger de dégradation génétique dans les sociétés modernes (pp. 206-207), §8 à 11.

Dans les sociétés modernes, la sélection ne favorise pas la survivance génétique du plus apte. S'il y a succès, il est personnel et non génétique. On a noté une corrélation négative entre le nombre d'enfants et le quotient d'intelligence ou le niveau culturel, tout autant qu'une corrélation positive pour le quotient d'intelligence entre époux ; ce qui draine vers une élite le potentiel génétique le plus élevé. Les infirmes génétiques vivent assez longtemps pour se reproduire. Cependant, la génétique moléculaire ne propose aucun moyen d'agir sur le patrimoine héréditaire. Le danger de non-sélection est certain, et pourrait devenir très sérieux dans une quinzaine de générations.

3). Les menaces graves : l'animisme enraciné en l'homme (pp. 207-209), §12 à 16.

Le mal le plus profond, c'est le mal de l'âme. L'homme doit procéder à une révision déchirante de la conception de lui-même et de l'univers. Ce mal de l'âme vient de la simple idée que la nature est objective, vérité de la connaissance définie d'abord en Occident (pp. 208-218).

- la sélection des idées. (p. 108)

Les idées, comme les organismes, évoluent et la sélection est présente là encore, à deux niveaux, celui de la performance et celui de l'esprit : l'idée qui confère au genre humain plus de cohérence - et qui est donc à haute valeur de performance - lui donnera une puissance d'expansion plus importante ; du point de vue de l'esprit, les idées au plus haut pouvoir d'invasion sont celles qui expliquent l'homme et sa place dans la biosphère et dans l'univers.

4). Le besoin inné d'explication à travers des récits mythiques, religieux ou philosophiques (pp. 210-212) §17 à 22.

- l'exigence d'explication (p. 210)

Pendant des centaines de milliers d'années, la destinée de l'homme se confondait avec celle de son groupe. Les structures sociales ont dû influencer l'évolution génétique des catégories

innées du cerveau humain et nous avons hérité de ces ancêtres l'exigence d'explication. Ce besoin d'explication apparaît effectivement inné, inscrit dans le code génétique. Chez les insectes sociaux, la stabilité des institutions doit tout à la transmission génétique. Chez l'homme, il n'y a plus d'automatisme mais il est remplacé par cette capacité à inventer des mythes pour survivre.

- les ontogénies mythiques et métaphysiques (p. 211)

Les explications sont toutes sous forme de récits ou d'ontogénies ; le christianisme en est une illustration. Le bouddhisme, lui ne raconte pas l'histoire des hommes mais celle des âmes. Platon, lui, voit dans l'histoire une sorte de dégradation des formes idéales. De Platon à Hegel et Marx, tous proposent des systèmes à la fois explicatifs et normatifs.

5). Le mal profond : la société moderne est déchirée par une contradiction (pp. 213-217), §23 à 31.

- la rupture de « l'ancienne alliance » animiste et le mal de l'âme moderne (p. 213)

On comprend alors pourquoi il a fallu tant de temps avant que la connaissance objective apparaisse comme la seule source de vérité authentique. Cette idée n'a pas été acceptée et ne l'est pas encore. Elle s'est cependant imposée vu son pouvoir prodigieux de performance. En trois siècles, la science avec son postulat d'objectivité, a pris sa place. De même que le choix initial est décisif pour l'évolution d'une espèce, de même le choix initial de la pratique de la science a-t-il orienté la culture de façon définitive. Cependant, si les sociétés modernes ont accepté le pouvoir donné par la science, elles n'ont pas accepté son message le plus important : la définition d'une unique source de vérité, l'exigence d'une révision totale de l'éthique, l'abandon de l'ancienne alliance et la nécessité d'une nouvelle.

Aucune société n'a connu pareil déchirement. Tous ces systèmes enracinés dans l'animisme, qu'ils soient judéo-chrétiens, progressiste scientifique, pour la défense des droits naturels ou du pragmatisme utilitariste, tous, sont hors de la vérité et hostiles à la science. Dans ce divorce, le mensonge est si grand qu'il obsède tout homme cultivé. La science effectivement attente aux valeurs, en ruinant toutes les idéologies de la tradition animiste. L'homme se sait d'une étrangeté radicale, en marge de l'univers indifférent ; si bien que c'est lui, l'homme qui devient le maître des valeurs et non l'inverse.

6). La solution : l'éthique de la connaissance (pp. 217-221), § 32 à 41.

- les valeurs et la connaissance (p. 217)

Dans l'animisme, valeurs et connaissance sont confondues. Dans cette perspective, on devait découvrir et apprendre à connaître les valeurs qui étaient vues comme un donné, alors qu'avec l'ère scientifique, l'homme prend conscience que c'est lui qui en est l'auteur. Si valeurs et con-

naissance doivent être radicalement distinguées, elles ne sont pas cependant étrangères l'une à l'autre, d'abord parce qu'elles sont associées dans l'action, en tant que la connaissance est supposée dans toute action et que l'action constitue une des deux sources de la connaissance ; ensuite, parce que la connaissance elle-même repose sur un postulat éthique : la reconnaissance que la connaissance vraie, car objective, est une valeur.

Une éthique sociale, fondée sur des droits « naturels » ou de façon encore plus systématique, la morale marxiste, expriment l'animisme. Avec le postulat d'objectivité, s'opère une distinction radicale : la connaissance est exclusive de toute valeur et l'éthique, non objective par essence, est à jamais exclue de la connaissance. Cette distinction s'est sans doute opérée dans l'Occident chrétien à la suite de la distinction reconnue entre le sacré et le profane, distinction inconnue de l'hindouisme, par exemple, pour qui tout est sacré. Mais ces deux catégories sont réunies dans l'action. (§ 33 p. 217 - § 37 p. 219) Est authentique toute action (ou tout discours) qui distingue ces catégories, en explicitant cette distinction. « L'authenticité devient le domaine commun où se recouvrent l'éthique et la connaissance. » L'inauthenticité, au contraire, les confond. On voit souvent cet amalgame dans le discours politique. Cette distinction n'a pas de sens non plus si une intention est supposée présente dans l'univers. Dans un système objectif, la confusion entre valeurs et connaissance est interdite. Mais cet interdit relève bien de l'éthique et la connaissance vraie est fondée sur un axiome de valeur : le postulat d'objectivité, qui constitue un choix éthique. Accepter ce postulat, c'est énoncer la proposition de base d'une éthique : l'éthique de la connaissance.

- l'éthique de la connaissance p. 220. Avec cette éthique de la connaissance, il n'est pas de lois qui s'imposent à l'homme. C'est l'homme qui s'impose cette éthique de la connaissance et en fait la condition d'authenticité de tout discours ou action. Les sociétés modernes, dépendantes des produits de la science dont elles se servent, tentent encore de se référer aux systèmes de valeurs alors que la connaissance les a ruinés. Seule l'éthique de la connaissance est capable de guider l'évolution du monde moderne.

7). Les bénéfices de l'éthique de la connaissance (pp. 221 à 223), §42 à 45.

L'angoisse et l'exigence d'explication sont innées, avons-nous dit, génétiques tout autant que culturelles. À défaut d'explication, l'éthique de la connaissance pourrait remplir le besoin de dépassement et de transcendance présent chez l'homme, en proposant un idéal qui transcende l'individu auquel il puisse, le cas échéant se sacrifier ; c'est en cela que cette éthique, qui propose à l'homme non pas de se servir de la science mais de la servir, est un humanisme. En un sens encore, cette éthique de la connaissance est une connaissance de l'éthique, au sens où elle voit l'animal biologique en l'homme, avec ses pulsions, ses passions, ses limites et ses

exigences, en cet homme qui appartient à la fois à la biosphère et au royaume des idées, « torturé par ce dualisme déchirant qui s'exprime dans l'art, et la poésie comme dans l'amour humain. » Là où l'animisme a en horreur l'homme biologique, l'éthique de la connaissance, au contraire, lui fait assumer son héritage et son origine sociobiologique.

8). Un humanisme scientifique (p. 223 à 225), §46 à 49

Cette éthique de la connaissance est la seule attitude rationnelle et délibérément idéaliste sur laquelle il est possible de fonder un véritable socialisme. Il faut renoncer à l'illusion délivrée par le matérialisme dialectique, profondément inauthentique, qui proclame l'existence de lois scientifiques auxquelles l'homme doit se plier. La source d'un véritable humanisme socialiste se trouve dans l'éthique qui fonde la science comme valeur suprême. Est responsable moralement celui qui fait ce libre choix axiomatique. Seule cette éthique de la connaissance pourrait conduire au socialisme. Elle exige des institutions vouées à l'instauration de la connaissance, des idées, de la création, qui devrait servir l'homme « dans son essence la plus unique et la plus précieuse. » C'est peut-être une utopie mais ce n'est pas un rêve incohérent.

2) Glossaire

Acide aminé : élément constitutif des protéines : molécule caractérisée par un atome de C lié à un groupe aminé NH₂, N étant l'azote, à un groupe acide COOH, à un atome H et à un résidu R variable et dont la variabilité fait naître la spécificité de chacun des acides aminés. Les acides aminés entrant dans la composition des protéines appartiennent tous à la série L, corps optiquement actifs car la lumière polarisée fait subir au plan de polarisation une rotation vers la gauche (corps lévogyres).

Acides nucléiques : ADN et ARN.

ADN : sigle de l'acide désoxyribonucléique, formé de 2 séquences complémentaires de nucléotides de 4 sortes : adénine notée A, s'accordant avec thymine notée T, et guanine notée G s'accordant avec cytosine notée C.

Allostérie : mode de régulation de l'activité d'un enzyme par lequel la fixation d'une molécule effectrice en un site modifie les conditions de fixation d'une autre molécule, en un autre site distant de la protéine. Comme l'explique Jean-Pierre Changeux, « les protéines allostériques ont deux têtes : d'un côté elles déterminent une fonction biologique particulière, par exemple une synthèse biologique, de l'autre elles regardent un signal qui règle cette fonction. »

ARN : sigle de l'acide ribonucléique. La thymine de l'ADN est remplacée par l'uracile.

ARN messager ou ARNm : séquence d'ADN copiée dans le noyau en une séquence de nucléotides, les bases restant identiques, à ceci près que la thymine est remplacée par l'uracile lors de la transcription effectuée par l'ARN polymérase.

ARN de transfert ou ARNt : capable de reconnaître un triplet particulier de l'ARNm et de l'associer à l'acide aminé correspondant.

Acide L malique : l'acide L malique est exclusivement produit par l'enzyme fumarase à partir de l'acide fumarique par addition d'eau.

Animisme : pour Monod, s'entend de toute théorie qui met la téléonomie au fondement de l'évolution de l'univers, alors que le vitalisme n'applique cette téléonomie qu'à l'évolution de la vie dans la biosphère.

Anticorps : protéine qui constitue l'immunoglobuline du sang, indispensable au système immunitaire.

Antigène : macromolécule réceptrice de substance étrangère ou de corps étrangers tels que bactérie, virus, parasite, champignon, venin, vaccin, cellule cancéreuse ou tout autre corps pénétrant dans l'organisme, et qui en s'associant aux anticorps est capable de déclencher une réaction immunitaire.

Arthropode : ou « pied articulé », désigne tout animal invertébré dont le plan d'organisation est caractérisé par un corps segmenté tels les insectes, les papillons.

Bactérie : organisme formé d'une seule cellule. À l'intérieur d'une membrane, de multiples organites coopèrent pour assurer les activités qui font de cette cellule un être vivant, qui se révèle d'une extrême complexité.

Bohr Niels : (1885-1962), physicien danois, surtout connu pour son influence sur les fondateurs de la mécanique quantique comme Heisenberg ou Pauli. Fils de physiologiste, il rapproche la biologie de la

physique dans son ouvrage intitulé *La théorie physique et la description des phénomènes*, traduit en 1932 chez Gauthier-Villars.

Brillouin Léon: physicien franco-américain (1889-1969) qui fait le lien entre l'entropie informationnelle de Shannon et l'entropie statistique de Boltzmann. Reprend l'étude du démon de Maxwell et traite du principe de négentropie de l'information au chapitre 13 pp. 157-176 de *La science et la théorie de l'information*, Masson, 1959. Brillouin démontre que la mesure de la vitesse des particules suppose l'emploi par le démon d'une certaine quantité d'énergie et un accroissement d'entropie qui compenserait la diminution d'entropie liée à la fermeture de la trappe. (cf. Monod 4^{ème} leçon au Collège de France p.33).

Catalyse: phénomène de modification notable de la vitesse d'une réaction chimique par l'action d'une substance appelée catalyseur. Le site catalytique d'un enzyme est dit site actif.

Catalyseur: substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans paraître participer à cette réaction ; c'est notamment ici le cas des protéines enzymes.

Champs morphologiques: cf. gradients. Le concept de champ, emprunté à la physique par Spemann en 1921 est lié à celui de gradients : Huxley propose le terme de « gradients-champs » pour souligner la gradation quantitative des différents processus de la morphogenèse à l'intérieur de champs.

Chordés: embranchement caractérisé par une corde ou corde, structure rigide entre le côté ventral et le côté dorsal, remplacée chez les vertébrés par la colonne vertébrale.

Chromosome: élément du noyau cellulaire à l'intérieur duquel est pelotonnée une molécule d'ADN porteuse de l'information génétique. Le nombre des chromosomes varie selon les espèces : 23 paires pour l'espèce humaine ; leur nombre est caractéristique d'une espèce. Les chromosomes renferment les alignements des gènes.

Cinétique: en biochimie, étude de la vitesse des réactions chimiques ; a rapport avec la thermodynamique puisque l'énergie thermique correspond à l'énergie cinétique du mouvement de collision aléatoire des particules lié au mouvement brownien. Les constantes cinétiques d'équilibre sont les paramètres qui donnent une estimation de la vitesse d'association des molécules et de la stabilité du complexe qui en résulte.

Code génétique: informations écrites dans un langage stéréochimique dont chaque lettre est constituée par une séquence de trois nucléotides (un triplet) dans l'ADN spécifiant un acide aminé (parmi vingt) dans le polypeptide.

Cristal apériodique: désigne l'ADN puisque la séquence des bases y est non répétitive ; en référence à l'appellation de Schrödinger qui emploie ce néologisme appliqué par lui au gène : « Nous pourrions parler avec à propos d'un cristal ou solide apériodique et exprimer notre hypothèse en disant : nous croyons qu'un gène – ou peut-être l'ensemble de la fibre chromosomique – est un solide apériodique. » p. 114 de *What is life ?* 1967, traduit en français en 1986.

Cybernétique: science des mécanismes de toutes natures capables de gouverner ; ici, Monod applique ce terme au système gouvernant et contrôlant la machinerie chimique du vivant.

déterminisme de Laplace: formulé dans sa fameuse phrase extraite du texte *De la probabilité*: « Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grand corps de

l'univers et ceux du plus léger atome ; rien ne serait incertain pour elle et l'avenir et le passé seraient présent à ses yeux. »

Driesch Hans : (1867-1941), un des promoteurs de l'embryologie expérimentale, sur des embryons d'invertébrés marins, en particulier les oursins. À partir de 1909, il devient le défenseur du vitalisme et de la notion aristotélicienne d'entéléchie. Il rejette l'idée d'un mécanisme déterminant au profit d'une analogie entre la polarité des œufs d'oursin et l'aimant.

Échinoderme : animal marin, « doté d'une peau avec piquants », tel l'oursin.

École de Copenhague : courant de pensée issu de Niels Bohr qui y dirigeait l'Institut de physique, rejoint par Werner Heisenberg, qui considère que le caractère probabiliste de la mécanique quantique provient de l'interaction entre l'appareil de mesure et le mesuré.

Effecteur : inhibiteur ou activateur d'une réaction chimique.

Elsässer Walter Maurice : (1904-1991) physicien, qui s'est formé à la discipline biologique, frappé par l'étrangeté des êtres vivants au sein du monde physique. Il émet l'hypothèse de lois biotoniques, spécifiques, régissant le vivant. Écrit en particulier *Atom and organism, a new approach to the theoretical biology*, Princeton University Press, 1966, traduit par M. P. Gavaudan en français, *Atome et organisme*, Gauthier-Villars 1969.

Énergie cinétique : elle correspond à la mesure du mouvement des particules. Elle est égale à $\frac{1}{2} mv^2$. L'**énergie potentielle** correspond à la mesure du mouvement des particules virtuelles assurant les interactions. Elle dépend de la position d'un corps. L'**énergie totale** d'un système de force comprend la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.

Entropie : quantité à introduire pour rendre compte des échanges entre énergie thermique et mécanique. L'entropie a le pouvoir de faire du travail mécanique en vertu de l'élévation de température.

Enzyme : protéine capable de catalyser les diverses réactions de synthèse ou de dégradation intervenant dans les divers métabolismes de l'être vivant. L'enzyme agit en abaissant l'énergie d'activation, ce qui accroît la vitesse de réaction.

Enzyme allostérique : voir allostérie.

Épigénèse : *HN* p. 123 mode de développement soit d'une protéine quand elle se replie par exemple, soit plus généralement d'une structure de molécules assemblées qui prolonge et déploie ce qui est inscrit dans le code génétique ; à cette notion s'applique celle de révélation *HN* p. 151 car « l'organisation d'ensemble d'un édifice multimoléculaire est contenue en puissance dans la structure de ses constituants. » p. 117. Phénomène d'émergence mais qui n'a rien à voir avec l'émergence évolutive qui est une nouvelle création. *HN* p. 151.

Épigénétique : *HN* p. 117-113-125.

Épigénésiste : tenant d'une augmentation d'information au cours du développement de l'embryogénèse ou ontogénèse.

Épistémologie de Mach : doctrine positiviste, néo-kantienne, issue de Mach (1838-1916), physicien et philosophe autrichien étudiant les phénomènes de perception physique et l'histoire des sciences. Il qualifie lui-même sa méthode d'« historico-critique » et est à l'origine de l'empiriocriticisme reposant sur l'affirmation de la dépendance des phénomènes à leur contexte d'existence ou d'observation.

Expression : la protéine est exprimée, après avoir été traduite en un polypeptide constitué d'une chaîne linéaire d'acides aminés, lorsqu'elle se replie et devient donc tridimensionnelle.

Fibre polypeptidique : fibre formée de peptides c'est-à-dire de substances formées de 2 ou plusieurs acides aminés unis par une liaison peptide.

Galactoside : sucre monosaccharide de l'aldose, dérivé du lactose, composé d'une molécule de galactose lié à un alcool ou autre.

Galactosidase : enzyme qui catalyse l'hydrolyse d'un galactoside. La première galactosidase séquencée est celle de la bactérie intestinale *Escherichia coli*.

Gène : portion d'ADN bien délimitée, qui permet de fabriquer une protéine en ce sens qu'il contient l'ensemble des informations portées par un fragment de chromosome et chargées de provoquer la réalisation d'un caractère élémentaire. Cette portion est composée de bases organisées en séquences complexes (un gène moyen rassemble environ 45.000 bases) qui commandent la formation des macromolécules constitutives de l'organisme. Ce sont les séquences codantes.

Génome : c'est l'ensemble des gènes d'un organisme, c'est-à-dire le stock chromosomique caractéristique d'un gamète, cellule reproductrice mâle ou femelle.

Génotype : totalité du stock chromosomique d'une espèce. Il représente la constitution génétique d'un organisme par opposition à son aspect physique ou phénotype.

Germes de cristaux : la plupart des substances minérales et des petites molécules organiques cristallisent facilement. La taille de ces germes grossit et donne un cristal. La germination correspond à l'apparition d'une phase de croissance cristalline jusqu'à l'obtention de cristaux. La cristallogenèse est le passage d'un état désordonné à partir d'un liquide (en surfusion ou d'une solution sursaturée), d'un gaz ou d'un solide, à un état ordonné stable.

Gradients : *HN* p. 119 théorie des gradients formulée dès 1911 par Charles Child (1869-1954), pour qui le mécanisme physiologique qui permet aux cellules de l'organisme de constituer un tour unifié relève de l'existence de gradients métaboliques qui font que le long d'un axe, les régions antérieures dominent les régions postérieures. Après lui, Toivonen (1909-1995) et Saxen (né en 1927) publient en 1962 une étude sur l'induction embryonnaire et substituent des gradients de substance morphogène responsable de la mise en place de la polarité dorso-ventrale et antéro-postérieure de l'embryon. C'est ce qui est appelé « l'hypothèse du double gradient ».

Hasard opérationnel : hasard relevant du calcul des probabilités.

Hasard essentiel : rencontre de deux séries causales indépendantes.

Hydrolyse : rupture par insertion d'eau.

Hydrolyser : « défaire à l'eau. »

Homéostasie (état homéostatique) : faculté de maintenir des constantes physiologiques internes, quelles que soient les variations externes.

Inducteur : molécule qui induit l'expression d'un gène. Plus généralement, toute substance chimique dont la présence provoque un phénomène biologique.

Invariance : *HN* p. 138 L'invariant biologique fondamental est l'ADN. C'est la reproduction, *ne varietur*, à chaque génération cellulaire du texte écrit sous forme de séquence de nucléotides dans l'ADN, qui assure l'invariance de l'espèce.

Isomère géométrique : corps avec une même composition d'atomes mais répartis différemment. Un isomère géométrique peut se montrer totalement insensible à l'activité de l'enzyme qui n'en discrimine qu'un seul.

Isomère optique : corps comprenant un atome de carbone lié à 4 groupes différents, donc dépourvus de symétrie, chimiquement équivalent à un autre, image dans une glace l'un de l'autre, optiquement actif car la traversée de tels corps par la lumière polarisée fait subir une rotation vers la gauche (corps lévogyres) ou vers la droite (corps dextrogyres : D).

Laplace Pierre-Simon de (1749-1827), mathématicien, physicien et astronome français, exprimant le déterminisme triomphant de son temps. Ce dernier sera mis à mal, par la suite avec la théorie du chaos, initiée par Henri Poincaré, puis Lorenz et la physique quantique.

Lysogénie : capacité pour un phage de s'intégrer dans l'ADN bactérien.

Lyssenko Trofim : (1898-1976) ingénieur agronome russe, présenté comme étant à l'origine d'une technique révolutionnaire de rendement agricole, il voit une application de la dialectique marxiste aux sciences de la nature, et rejette la génétique mendélienne, « bourgeoise ».

Liaison covalente : selon la distinction de Linus Pauling, les liaisons covalentes sont dues à la mise en commun d'orbitales électroniques entre 2 ou plusieurs atomes.

Liaison non-covalente : liaison due à d'autres interactions qui n'impliquent pas le partage d'orbitales électroniques.

Ligand : molécule qui se lie de manière réversible sur une macromolécule ciblée, jouant un rôle fonctionnel tel que stabilisation ou catalyse ; le ligand peut être le substrat, certains ligands agissent comme des effecteurs enzymatiques c'est-à-dire activateur ou inhibiteur. La liaison avec un ligand à une protéine réceptrice modifie souvent la conformation de cette dernière ; il n'y a pas d'interaction des ligands entre eux.

Macromolécule : les deux grandes classes de macromolécules, constituants des cellules, sont d'une part les acides nucléiques, édifices polymères formés par l'enchaînement linéaire de quatre motifs principaux, les nucléotides selon un ordre spécifique, et les protéines, polymères formés d'un enchaînement de 20 motifs, les acides aminés.

Maxwell James Clerk : (1831-1879), auteur du *Traité de la chaleur*, éd. Tignol, 1891, p. 421, passage sur le fameux démon : « un être » qui pourrait trier les molécules chaudes et froides en les faisant entrer dans une enceinte, selon leur degré de chaleur, et qui perturberait ainsi le second principe de thermodynamique, à savoir le principe d'entropie selon lequel tout va vers l'état le plus probable, d'homogénéisation et de décomposition.

Métabolisme : ensemble des processus de transformation par la cellule ou par l'organisme. pp. 67-91-98.

Monomère : molécule pouvant se combiner avec des molécules analogues pour former des polymères.

Mutation : modification permanente du matériel génétique dans l'ADN d'une cellule d'une lignée germinale due à des insertions, des substitutions ou des délétions de paires de bases ou à des inversions chromosomiques.

Neurone : cellule nerveuse, excitable, constituant l'unité fonctionnelle de base du système nerveux, qui assure la transmission d'un signal bioélectrique appelé influx nerveux. Dans le cerveau humain, ils sont estimés à 100 milliards. Dans l'intestin, ils sont environ 500 millions. Il est composé d'un corps et de deux prolongements : l'axone et les dendrites, environ 7000 par neurone.

Noosphère : désigne la sphère de la pensée humaine, néologisme introduit par Teilhard de Chardin dans *L'Hominisation*, (1923) terme utilisé également par Suess, Vernadsky et d'autres. L'emploi de ce terme par Monod fait qu'Althusser y voit une « tendance idéaliste » qui dominerait la pratique scientifique (dans *La philosophie spontanée des savants*).

Nucléotide : élément dont sont constituées les molécules d'ADN et d'ARN, à savoir les quatre bases A, T, G, C, bases puriques et pyrimidiques qui diffèrent selon la base azotée qu'ils comportent, et contenant aussi désoxyribose ou ribose et acide phosphorique.

Nucléotide purique : élément constitutif monomérique de la chaîne polynucléotidique qui constitue les acides nucléiques. Esther phosphorique constitué d'une base purique, d'un sucre pentose et d'un radical phosphate.

Oligomère : *HN* p. 96. Un oligomère est composé par l'association non-covalentes de sous-unités chimiquement identiques, les protomères.

Opéron : groupe de gènes dont l'expression est coordonnée. Ce groupe de gènes est formé par un sous-groupe de gènes de structure et un autre de gènes de contrôle dont les premiers sont contrôlés par les seconds. Le concept d'opéron résout le problème d'une double poussée de croissance des bactéries en présence de certaines combinaisons de sucre.

Organite : élément constituant la cellule.

Phage : virus bactériophage c'est-à-dire qui infecte une bactérie.

Phénotype : manifestation apparente des caractères héréditaires résultant du génotype. Un même phénotype peut correspondre à des génotypes différents.

Pauling Linus Carl : (1901-1994), chimiste et physicien américain. Prix Nobel de chimie en 1954 pour ses travaux sur la nature de la liaison chimique.

Polanyi Michaël : (1899-1976). Hongrois, venu s'installer en Grande-Bretagne dans les années 1920, après la disparition de l'Empire. Issu d'une famille de scientifiques, il devient lui-même professeur de chimie à l'université de Manchester (1933-1948). Puis il change complètement de spécialité et devient, dans la même université, professeur de sciences sociales (1948-1958). Il a écrit notamment : *Atomic Reactions* (1933), *Science, Faith and Society* (1946), *The logic of Liberty* (1951).

Polymère : corps dont la molécule est constituée par l'association de plusieurs molécules d'autres corps qui constituent les monomères.

Polymérisation : réaction chimique par laquelle des petites molécules réagissent entre elles pour former de plus grosses molécules.

Polypeptide : molécule formée d'une chaîne linéaire d'acides aminés.

Postulat d'objectivité : postulat qui affirme la non-projectivité de la nature, qui fonde la science. Postulat considéré comme relevant du jugement de valeur, donc en définitive, éthique car reconnaissant la valeur de l'objectivité de la science.

Potentiel chimique : emploi dans *HN* pp. 37-93-114-141-182 ex p. 141 de la source du potentiel chimique de l'ADN représentée par certaines liaisons présentes dans les nucléotides eux-mêmes, et qui sont rompues en cours de réaction de condensation.

Préformationnisme : idée selon laquelle la structure achevée est déjà présente en miniature dans l'embryon et donc préformée.

Pression de sélection : ce concept désigne un phénomène qui se traduit par une évolution des espèces vivantes soumises à certaines contraintes environnementales, vues comme une force qui « pousse » l'espèce à se transformer, dans une direction donnée, d'où le terme de pression.

Protéine : macromolécule formée d'un assemblage de polypeptides.

Protéine fibreuse : molécule très allongée qui se comporte comme un grément de bateau à voiles.

Protéine globulaire : une protéine repliée sur elle-même, de forme compacte et tridimensionnelle.
p.70

Protomère : sous-unités des oligomères.

Relais électronique : peut être asservi simultanément à plusieurs potentiels électriques p. 93.

Réplication : séparation des 2 fibres d'ADN, suivie par la reconstitution nucléotide par nucléotide des 2 complémentaires, chacune étant nouvellement formée par une fibre de la molécule mère à laquelle s'est associée une fibre néoformée par appariement spécifique.

Répresseur : protéine qui inhibe la possibilité d'expression de protéines et qui peut se voir déplacée, en allant s'encaster sur un substrat ; une fois délogée de son emplacement, la fonction de répression n'existant plus, l'expression de protéines peut avoir lieu.

Ribosome : *HN* p.115-143 : composants essentiels du mécanisme de traduction du code génétique, c'est-à-dire de la synthèse des protéines ; organite globulaire composé d'un agrégat d'une cinquantaine de protéines et de trois chaînes d'ARN, comparable à une « machine-outil qui fait avancer cran par cran une pièce en train d'être façonnée. »

Second principe de la thermodynamique : défini par Carnot-Clausius, le principe d'entropie est la loi selon laquelle tout tend vers son état le plus probable, l'état de décomposition. L'entropie d'un système isolé augmente ou reste constante.

Sigmoïdal : ayant la forme d'un S, le sigma étant le S grec.

Spencer Herbert : (1820-1903), philosophe et sociologue anglais. Défenseur de l'idéologie du progrès, dans son ouvrage de 1857, *Essais sur le progrès*, il conçoit une philosophie de la nature évolutionniste, avec passage de l'homogène à l'hétérogène, selon l'idée de Baer. Il écrit en particulier *Principe de Biologie* (1864-1867) et *Le principe de l'évolution, réponse à Lord Salisbury*, (1895), texte intégral en ligne.

Stéréospécificité : terme inventé par Pauling pour indiquer le fait, pour une protéine de reconnaître une forme qui s'adapte à elle de façon parfaitement stérique, selon des aires de contact complémentaires.

Stérique (relation) : c'est le volume occupé par un solide, de forme tridimensionnelle.

Structure linéaire primaire : structure de la protéine qui est encore à l'état de polypeptide, en chaîne linéaire.

Structure native : structure de la protéine repliée, telle qu'elle devient fonctionnelle.

Substrat : molécule, qui, après s'être liée au site actif d'un enzyme qui est le site catalytique, est transformée en un ou plusieurs produits.

Szilard Léo : physicien hongro-américain : (1898-1964), qui a découvert le premier le lien entre information et entropie et montré que le démon de Maxwell intervient dans l'opération puisqu'il transforme l'information relative au mouvement du gaz en négentropie dans *Z. Physik*, 53, 840 (1929).

Taux différentiel de reproduction : indice qui mesure dans quelle conditions se fait le remplacement des générations, en calculant le nombre de filles / femmes / par an. (Le taux net tient compte de la mortalité, le taux brut, non.)

Téléonomie : notion de projet chez le vivant, si « par pudeur objective », comme le dit Monod, on veut éviter le mot de finalité. cf. *Leçon Inaugurale* (1967), p. 5.

Thermodynamique : science des transformations de l'énergie et, en particulier des interconversions du travail mécanique et de la chaleur ou science des grands systèmes en équilibre, initiée par Ludwig Boltzmann. Généralement parlant, c'est l'étude de l'énergie et ses transformations selon les principales lois que sont le premier et le second principe de la thermodynamique, principes de Carnot-Clausius.

Traduction : étape de transformation d'une séquence de nucléotide de l'ADN, via l'ARN messenger, en une séquence d'acides aminés, chacun apporté au bon moment par l'ARN de transfert, dans une protéine. Cette opération a lieu dans le cytoplasme.

Transcription : transformation de l'information de l'ADN en ARN messenger, qui a lieu dans le noyau.

Tuniciers : en plus d'un stade larvaire caractéristique des chordés, ce qui depuis les travaux d'Alexandre Kowalewski, les classe selon le sous-embouchement des urochordés, les tuniciens possèdent une tunique produite par l'épiderme.

Vertébrés tétrapodes : amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères p. 164. C'est l'ancêtre chordé des vertébrés. Pikaia, a donné les poissons, les amphibiens les reptiles et les mammifères.

Vitalisme : toute théorie métaphysique ou scientifique mettant la téléonomie au fondement de la biosphère, c'est-à-dire de la vie de tout être vivant.

Chap. I D'étranges objets

<p>1. Spécificité des êtres vivants différents de tous les autres objets naturels et artificiels, p.19 à 29.</p>	<p>2. Les trois propriétés du vivant : l'invariance reproductive, la téléonomie, la morphogénèse autonome, p.29 à 33.</p>	<p>3. La téléonomie du vivant : une contradiction apparente ou réelle ? p. 34-38.</p>
<p>-distinction problématique entre objet naturel et objet artificiel, p.19 à 24. -quels critères objectifs entreraient dans l'élaboration d'un programme informatique capable de les identifier ? -critères liés à leur structure ? régularité, répétition p.21, avec le risque de ranger un objet naturel, comme le cristal ou les ruches des abeilles ou les abeilles elles-mêmes, dans les objets artificiels, p.22-23. -critères liés à leurs fonctions ? encore moins valables, car leurs fonctions peuvent être identiques, telles capter des images pour l'œil comme pour l'appareil photo p.24. - la téléonomie comme projet des adaptations fonctionnelles et des êtres vivants eux-mêmes ? notion essentielle et pourtant insuffisante car on peut identifier un projet sans son auteur. Le critère fondamental est celui de forces, externes pour l'artefact et l'objet naturel ; internes pour le vivant, p.26. Un des thèmes principaux traité dans cet essai est de montrer que les forces internes du vivant sont de même nature que celles des interactions microscopiques des cristaux, p.27-28. En définitive, ce qui s'avère être le véritable critère de distinction entre les êtres vivants et tous les autres objets, c'est celui de la quantité d'information : les êtres vivants sont en effet des machines qui se reproduisent avec une quantité d'information bien supérieures aux structures cristallines, qui se reproduisent aussi, p.28-29.</p>	<p>Propriétés à définir quantitativement. -L'invariance reproductive est la quantité d'information transmise d'une génération à l'autre, p.29 ; c'est la même chez tous les mammifères. - La téléonomie est l'ensemble des performances des êtres vivants, artefacts compris, tous aspects d'un projet unique primitif : la conservation et la multiplication de l'espèce, p.30. Pratiquement parlant, on ne peut qu'établir une « échelle » de grandeur « téléonomique », à défaut de pouvoir mesurer précisément la quantité d'information téléonomique qui évaluerait tout ce qui est impliqué en vue de la reproduction, p.31. -Ces trois propriétés sont étroitement associées. Il faudrait d'ailleurs conserver le terme de propriétés pour les deux premières et parler de mécanisme pour la troisième, p.32-33. Légitimité de cette distinction de propriétés car : 1) Il peut exister une invariance sans téléonomie, celle des cristaux. 2) l'invariance est sous le contrôle des acides nucléiques et la téléonomie sous celui des protéines. 3) cette distinction est opérée par toutes les idéologies visant le vivant dans la biosphère et l'univers, p.33-34.</p>	<p>-Les êtres vivants ne violent pas les lois de la thermodynamique : quand bien même une organisation locale se produit, l'entropie augmente conformément au second principe, p.34-35. -Le bilan thermique, dans le cas des bactéries ensencées qui se multiplient, fait bien apparaître l'entropie de l'ensemble du système, comme lors de la cristallisation. Ce qui est étrange est que ce processus est orienté uniquement dans une seule direction : la multiplication des cellules, p.35-36. -L'invariance a bien sa contrepartie, l'entropie mesurée par le second principe, p.37 -L'être vivant est un objet doué d'un projet. Or, comment concilier le fait que la science objective lui reconnaisse un projet alors que la notion de projet est exclue de sa méthode, fondée sur le postulat d'objectivité depuis Descartes et la découverte du principe d'inertie ? Cette contradiction n'est-elle qu'apparente ou bien est-elle insoluble ? Ce problème est le problème central de la biologie, p.37-38.</p>

3) Tableaux synoptiques des neuf chapitres de *Hasard et Nécessité*.

Chap. 2 Vitalismes et animismes

<p>1. Dilemme quant à la priorité de l'invariance ou de la téléonomie. p.41 à 43.</p>	<p>2. Le vitalisme métaphysique p.43 à 45.</p>	<p>3. Le vitalisme scientifique p.45 à 47.</p>	<p>4. L'animisme. p. 48 à 51.</p>	<p>5. La faiblesse théorique du matérialisme dialectique. P.51 à 59.</p>	<p>6. L'imprévisibilité de la biosphère non déductible de premiers principes. p.59 à 63.</p>
<p>-Primauté de l'invariance affirmée par la théorie sélective, seule théorie compatible avec le postulat d'objectivité et la physique moderne. p.42. -Primauté de la téléonomie avancée par les idéologies religieuses et philosophiques, avec abandon du postulat d'objectivité. p.42. -Ces dernières conceptions se répartissent en 2 groupes : les vitalistes avec la téléonomie orientant la biosphère uniquement, et les animistes avec la téléonomie guidant l'univers dans son ensemble. p.43.</p>	<p>-représenté par le vitalisme de Bergson qui conçoit la vie comme un élan, un courant s'exerçant avec liberté, et sans finalité. p.44. -Sa saisie se fait par intuition opposée à l'intelligence de l'Homo sapiens qui n'appréhende que la matière inerte. p.44-45.</p>	<p>-représenté par le vitalisme des physiciens d'Elsässer et de Polanyi, qui posent la nécessité de lois différentes des lois physiques pour traiter des sciences de la vie. p.46. -or, démonstration est faite que l'invariance relève des lois de la physique : la même démonstration est en bonne voie en ce qui concerne la téléonomie, encore dans ses débuts en matière de biogénèse mais déjà très avancée en matière de cybernétique moléculaire. p.45-47, présentée dans le ch.4.</p>	<p>-Projection animiste relevant de l'« ancienne alliance primitive, profonde alliance entre l'homme et la nature paraissant animée d'un projet. p.48-49. -Rupture au XVIIe siècle, avec le postulat d'objectivité. - Tentative de résorption de la rupture par des synthèses idéalistes comme celle de Leibniz ou de Hegel. p.49 ; ou par la conception de Teilhard qui voit en la matière une énergie ascendante évolutive dont l'homme et la biosphère sont le produit. p. 50.</p>	<p>-Projection animiste dans le matérialisme dialectique influencé par les lois dialectiques de l'Esprit de Hegel gouvernant la nature. -Ce matérialisme se prétend simple reflet des lois de la nature, refusant toute épistémologie critique. -Or, la science donne raison à cette dernière car il est prouvé, tant par la physique quantique que par la psychologie expérimentale et la neurophysiologie, que la connaissance ne restitue pas le donné tel quel mais assimilé. p.56.</p>	<p>-L'illusion anthropocentriste qui consiste à concevoir l'homme comme attendu au terme de l'évolution, va de pair avec l'illusion d'une théorie unifiée dont tout soit déductible (tel le progressisme scientifique et son aboutissement, le matérialisme dialectique) p.59 à 61. -Or, la biosphère est imprévisible et les événements singuliers ne sont pas déductibles à partir des premiers principes. Il y a prévisions d'ordre statistique, mais il n'y a pas de déterminisme laplacien. -Contingence et imprévisibilité donc de toute la biosphère, y compris de notre existence. p.61-63.</p>
<p>-Les vitalistes se subdivisent en vitalistes métaphysiques et en vitalistes scientifiques.</p>					

Chap.3 Les démons de Maxwell

<p>1. Les protéines, agents moléculaires de la téléconomie structurale et fonctionnelle. p.67 à 70.</p>	<p>2. Les protéines-enzymes, catalyseurs au sein d'un complexe stéréospécifique non-covalent. p.71 à 81.</p>	<p>3. Le démon de Maxwell p.81.</p>
<p>-Les protéines enzymes catalysent les réactions métaboliques des êtres vivants ; ceux-ci, véritables machines chimiques, sont pourvus également de protéines régulatrices qui contrôlent un vrai système cybernétique et de protéines constructives qui procèdent à leur auto-construction. p.67-68.</p> <p>- La fonction des protéines, à savoir leur discrimination spécifique, ou leur « stéréospécificité », dépend de leur forme ou structure.p.68.</p> <p>-Présentation du plan du présent ch.3 traitant de leur fonction catalytique, des ch.4 et 5 traitant respectivement de leur fonction régulatrice et constructive.p.69.</p> <p>- Etude des propriétés des protéines : des macromolécules présentant une polymérisation séquentielle d'acides aminés de 20 espèces chimiques différentes, dont la forme peut être soit fibreuse, très allongée, soit globulaire. Seules les globulaires, compactes et repliées sur elles-mêmes, sont objet d'étude ici. p.70.</p>	<p>-La protéine-enzyme, comme catalyseur spécifique, n'est active qu'à l'égard d'un seul corps.p.71.</p> <p>Ex de l'enzyme fumarase qui n'agit que sur l'acide fumarique et non sur son isomère géométrique, l'acide maléique. L'enzyme ne produit ou ne déshydrate que l'acide L-malique et non le D et donc opère une discrimination entre ces deux isomères optiques, avec carbone dissymétrique, en ne réagissant qu'avec le premier. Il en est de même avec l'enzyme aspartase, en réaction avec l'acide fumarique additionné non plus d'eau mais d'ammoniaque cette fois.p.72.</p> <p>-La dissymétrie provient de l'enzyme et non pas de l'acide fumarique qui, lui, est optiquement symétrique.p.73-74.</p> <p>Dans ces ex, l'existence du complexe enzyme-substrat n'est posée qu'au titre d'hypothèse explicative.p.75.</p> <p>Dans l'ex de la b-galactosidase, au contraire, cette hypothèse est vérifiée : l'enzyme n'agit que sur un sur 16 isomères géométriques. p.75, et se montre totalement inactif en cas de substitution d'atome d'oxygène par du soufre, de même valence mais de liaison plus forte.p.76.</p> <p>-Les réactions avec liaisons non-covalentes sont très rapides, car leur énergie d'activation est très faible.p.77-78. Pour acquiescer de la stabilité, elles mettent en jeu des interactions multiples, selon des aires spécifiquement complémentaires.p.79. Le couple enzyme-substrat est un bon exemple de complexe stéréospécifique car son haut pouvoir catalytique s'explique par son pouvoir de se faire et de se défaire très rapidement-tout phénomène de choix fait que les êtres vivants semblent échapper au second principe p.80-81.</p>	<p>La fonction « démoniaque » des enzymes peut être mise en parallèle avec la fonction du démon de Maxwell dont l'énigme fut résolue par Brillouin, à la suite de Szilard :</p> <p>tout comme l'activité de mesure du démon consomme une certaine énergie et dont la répartition en deux enceintes des molécules chaudes et froides n'empêche donc pas, contrairement aux apparences, le second principe de thermodynamique, les enzymes, certes créent de l'ordre également mais avec également en contrepartie une consommation de potentiel chimique. p.82-83.</p>

Chap 4 Cybernétique microscopique

<p>1. Une machine chimique intégrée et autonome.p.87-93.</p>	<p>2. L'allostérie.p.93-98.</p>	<p>3. Systèmes coordonnant l'activité de la cellule.p.98-105.</p>	<p>4. Holisme et réductionnisme. p.105-107</p>
<p>-Coherence fonctionnelle de la machinerie cellulaire, avec un véritable réseau cybernétique intracellulaire.p.87.</p> <p>-Les protéines régulatrices, dont les enzymes allostériques reconnaissent un substrat sont les mieux connues, assurent la cybernétique.p.88.</p> <p>-Diverses régulations sont possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> .l'inhibition rétroactive de l'enzyme par un métabolite final. .l'activation rétroactive de l'enzyme par le métabolite final. .l'activation en parallèle de l'enzyme par un métabolite d'une séquence parallèle. .l'activation de l'enzyme par un précurseur, tel le substrat.p.89-90. <p>-L'enzyme reconnaît plusieurs effecteurs simultanément et adapte son comportement en fonction des concentrations, formant indépendamment avec chaque effecteur un complexe non-covalent.p.91.</p> <p>Ces interactions régulatrices, très faibles en énergie gouvernent des réactions catalytiques qui peuvent déclencher une énergie considérable.p.93.</p>	<p>-asservissement d'un enzyme allostérique à plusieurs potentiels chimiques, avec réponse sigmoïdale, à effet de seuil avec croissance plus rapide du ligand que celle de la concentration.p.93</p> <p>- l'enzyme allostérique est un vrai relais moléculaire, faisant penser à une échelle bien plus petite, à un relais électronique.</p> <p>C'est dire que la puissance cybernétique d'une cellule, qui en comprend des centaines ou des milliers, est astronomique.p.94.</p> <p>-Le mécanisme des interactions allostériques s'explique par les transitions discrètes de structure de la protéine, stabilisée par un grand nombre de liaisons non-covalentes.p.94.</p> <p>-La valeur de l'équilibre entre deux états dissociés s'obtient en multipliant par lui-même le nombre de protonères, sous-unités de l'oligomère que forme la protéine, munis chacun d'un récepteur de ligands que reconnaît la protéine.-p.96-97. (à revoir avec M. Morange). Ou fonction puissance 2, 4, etc de la concentration des ligands (?)selon qu'il s'agit de dimère, tétramère etc.p.96-97.</p> <p>- Ce sont donc des mécanismes moléculaires très simples qui permettent d'expliquer les propriétés « intégratives » des protéines.p.98.</p>	<p>-régulation de la synthèse des enzymes.p.98.</p> <p>Etat homéostatiquement conservé tant au niveau des petites molécules vu plus haut qu'au niveau des macromolécules.</p> <p>-Dans une bactérie, dans l'opéron lactose, le répresseur de l'expression des galactosidases se détache en présence de galactoside, pour aller s'encaster sur le galactoside et libérer ainsi l'expression de trois protéines permettant l'assimilation du galactoside par la cellule.p.99.</p> <p>-Pas de dialectique dans cette opération qui n'obtient rien de nouveau mais qui ne fait que transcrire ce qui était déjà dans le code génétique.p.102.</p> <p>-Aucune relation chimiquement nécessaire entre le fait que la B-galactosidase hydrolyse les B-galactosides et le fait que sa biosynthèse soit induite par les mêmes corps.p.102.</p> <p>-La spécificité des interactions n'est due qu'à la structure changeante de la protéine et non à la structure des ligands : doit l'entière gratuité et liberté des enzymes qui utilisent des ligands sans affinité chimique.p.103.</p>	<p>-le holisme influencé par Hegel conteste cette approche analytique.</p> <p>-Or, cette cybernétique moléculaire illustre la stérilité de ces thèses organicistes.</p> <p>-La méthode analytique montre que :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) la téléonomie agit déjà sur une simple molécule qui régit de nombreuses interactions : le complexe se réduit à du simple. 2) ces interactions sont choisies en fonction de la cohérence du système. 3) toutes les activités intracellulaires, toutes asservies les unes aux autres, forment un véritable réseau cybernétique.

Chap. 5 Ontogénèse moléculaire

<p>1. Assemblage stéréospécifique spontané des constituants protéiniques p.111 à 117.</p>	<p>2. Morphogénèse microscopique et morphogénèse macroscopique. p. 117 à 119.</p>	<p>3. Mode de formation de la structure des protéines p.120 à 125.</p>	<p>4. Processus de structuration d'une protéine globulaire, image microscopique et source de l'ontogénèse du vivant. p.125 à 129.</p>
<p>-L'ontogénèse moléculaire consiste en une auto-construction dédites moléculaires. p.111.</p> <p>-Association spontanée d'unités protéomériques dans les protéines oligomériques. p.112.</p> <p>-Ces protéines globulaires sont semblables à de véritables cristaux microscopiques fermés, avec gain ou perte de symétrie.</p> <p>-Les protomères dissociés en monomères perdent leur pouvoir catalyseur et régulateur, restauré dès leur réassociation en polymères.</p> <p>-Véritable processus « épigénétique », car avec apparition de molécules plus grosses, dotées de nouvelles fonctions ; « spontané » car sans injection de nouveau potentiel chimique ni de catalyseur.</p> <p>-structuration spontanée des particules complexes. P.114. :</p> <p>-ex du ribosome avec reconstitution spontanée <i>in vitro</i> du mécanisme de traduction à partir de composants dissociés.</p> <p>-ex du bactériophage dont les pièces détachées, y compris la seringue pour injecter son ADN dans la paroi de la cellule hôte, se rassemblent spontanément <i>in vitro</i>.</p> <p>-Mêmes interactions chimiques que celles du cristal.</p> <p>- Cette vue du plan de la structure, présent mais inexprimé dans les constituants tant que n'advient pas la structure, réduit à néant la querelle préformationnistes/épigénétistes. p.117.</p>	<p>- Les phénomènes microscopiques sont le résultat d'interactions microscopiques dues aux protéines, par formation spontanée de complexes non-covalents, grâce à leur stéréospécificité. p.118-119.</p> <p>-Mais ceci n'est encore qu'une position de principe car, en particulier, le système nerveux, avec des interconnexions à des distances relativement considérables, pose encore de gros problèmes. p.119.</p> <p>-Pour résoudre ce problème d'orientations à distance, notamment dans les phénomènes de régénération, on a évoqué les notions de gradients et de champs morphologiques. Cependant, ces notions sont moins quantifiables que celle d'interaction stéréospécifique, dans sa dimension statique et cinétique.</p> <p>Cette notion sera la clé d'explication de tous les phénomènes encore inexplicables. p.119.</p>	<p>-Une protéine globulaire est formée de liaisons covalentes dans sa structure primaire et de liaisons non-covalentes dans sa structure native. Or, une espèce chimique n'existe à l'état natif que dans une seule conformation ; l'extrême précision de la structure est la condition de la spécificité d'association. p.120.</p> <p>-La séquence des acides aminés de la protéine provient du déterminisme génétique : la fibre polypeptidique se replie de façon spontanée.</p> <p>Une seule conformation est choisie parmi des milliers : processus épigénétique expliqué par l'expulsion de molécules d'eau hors de la protéine qui adopte alors la structure la plus compacte possible, avec une quantité d'information plus grande que celle de la séquence. (à revoir) p.124.</p> <p>-Il n'y a pas d'enrichissement épigénétique au sens de Elsässer, car l'information génétique réagit aux conditions initiales aqueuses, en dégageant l'énergie suffisante, par l'expulsion d'eau, pour réaliser la seule structure tridimensionnelle réalisable : les conditions initiales ne spécifient pas l'information mais éliminent les autres structures possibles. p.124-125.</p>	<p>-Explication de l'ontogénèse de l'organisme vivant depuis la protéine repliée, en passant par les organites formés des interactions entre protéines et autres constituants jusqu'aux interactions entre cellules qui génèrent tissus et organes.</p> <p>-Le niveau inférieur contient potentiellement le niveau supérieur, « tout comme un feu d'artifice à plusieurs étages. » p.126.</p> <p>-Les protéines globulaires contiennent l'<i>ultima ratio</i> de ces structures et performances téléonomiques.</p> <p>-Si on savait donner leur loi d'assemblage, le secret de la vie serait percé.</p> <p>En fait, la seule loi d'assemblage, c'est celle du hasard : impossible de déterminer le 200^e résidu inconnu d'une séquence de 199 résidus déjà identifiés. p.127.</p> <p>-Mais si la structure primaire est faite au hasard, en revanche, une séquence n'est pas synthétisée comme séquence actuelle au hasard, puisque reproduite sans erreur dans toutes les molécules, dans chaque cellule, par le mécanisme d'invariance. p.128.</p> <p>-Le message de la protéine fonctionnelle révèle à la fois le hasard de son origine et le projet de tout organisme vivant. Ce message écrit au hasard devient signifiant. p.128.</p>

Chap.6 Invariance et perturbations

<p>1. Différence entre les métaphysiques occidentales et la science. p.133 à 135.</p>	<p>-Fonctions requérant la même mobilisation du potentiel chimique et la même biosynthèse des constituants, à quelques variantes près, telle l'urée pour les mammifères qui devient acide urique pour les oiseaux. p.137.</p>	<p>3. Le mécanisme de la traduction. p.142 à 146.</p>	<p>-Perturbations microscopiques dans l'ordre également du mécanisme de réplication comme conséquence d'erreur de transcription reproduite dans la séquence d'acides aminés : substitution, délétion ou addition d'une paire de bases à une autre, « coquilles », telles qu'inversion, translocation ou fusion. Toutes ces altérations se font au hasard. «... le seul hasard, libéré absolue mais aveugle, à la racine même du prodigieux édifice de l'évolution.» p.148 »</p>
<p>-L'invariance de Platon s'oppose au mouvement d'Héraclite. -La science a comme seul a priori le postulat d'objectivité et recherche des invariants : les équations différentielles pour expliquer le mouvement en sont une illustration. La science vise le réel, en témoigne par exemple le principe d'identité qui, de simple postulat en physique classique, devient réel en physique quantique en affirmant l'identité absolue de deux atomes dans le même état quantique.</p>	<p>-Le problème devient d'une part de rechercher la cause de la diversité, problème résolu avec la considération de l'infinie combinaison possible de cet alphabet, composé des nucléotides et des acides aminés, d'autre part, de savoir comment chaque espèce conserve sa norme structurale, problème dont la solution se trouve dans la reproduction à chaque génération cellulaire du texte écrit avec des séquences de nucléotides dans l'ADN. p.139</p>	<p>-La traduction du code p.142 : traduction des nucléotides en acides aminés, avec transformation d'information assurée par des interactions stéréospécifiques non-covalentes. Chaque lettre du code est un triplet dans l'ADN spécifiant un acide aminé dans le polypeptide, sans relation stérique entre l'un et l'autre. D'où le caractère apparemment arbitraire du code. C'est le ribosome, véritable machine-outil, qui reçoit l'ARN messager de l'ADN correspondant, qui se relie, par un ARN de transfert, à l'acide aminé correspondant. Une fois cette opération terminée, un autre triplet prend la suite et le processus recommence. Ainsi, l'organisme entier constitue l'expression épigénétique du message génétique lui-même. p.144.</p>	<p>-Le hasard opérationnel, comme au jeu de dé ou à la roulette, relève du calcul des probabilités : - tandis que le hasard essentiel, comme l'illustre la chute fatale du marteau du plombier sur la tête du docteur, est bien celui qui se produit lors de la rencontre de deux séries causales totalement indépendantes, p.148-149. C'est bien le cas entre la cause d'une erreur de réplication du message génétique et ses conséquences fonctionnelles, qui, elles, dépendent de la structure de la protéine : il y a bien indépendance totale de deux séries, « coïncidence absolue » p.149.</p>
<p>2. Les invariants, une quasi identité de la chimie cellulaire de toute la biosphère. p.135 à 142.</p>	<p>-L'ADN, comme invariant fondamental p.139, est composé de deux fibres associées avec des liaisons stéréospécifiques non-covalentes, alors que chaque type de nucléotide est associé par liaisons covalente de façon stricte, A à T et C à G. La réplication est obtenue par séparation des 2 fibres, suivie par une reconstitution nucléotidique par nucléotide avec sa complémentaire : chacune des 2 fibres en refait 2 qui s'enroulent à leur tour de façon hélicoïdale, par translation-rotation. On peut parler d'un cristal fibrillaire ou « aperiodique » car la séquence des paires de bases est non répétitive. p.141.</p>	<p>-L'information va toujours dans le sens de l'ADN à la protéine et non l'inverse, principe fondamental en biologie. La cellule est une machine, au sens cartésien, dans un système intensément conservateur, sans aucune dialectique entre lui et le milieu extérieur. p.145.</p>	<p>-Hasard encore plus radical dans la structure quantique de la matière régie par le principe d'incertitude. p.150 (oui, mais le calcul des probabilités ne lui est-il pas applicable ? donc hasard opérationnel ?)</p>
<p>-Les invariants anatomiques p.135. Le XIX^e siècle privilégie la recherche des plans anatomiques, plans d'organisation qui ont permis de classer tuniciers et vertébrés dans l'embranchement des chordés, ou de voir une affinité entre chordés et échinodermes. -Les invariants chimiques. p.137. Plus encore que la théorie cellulaire, la biochimie révèle la profonde unité du monde vivant à l'échelle microscopique. C'est la même machinerie chimique, identique dans ses structures et dans ses fonctions. :structure faite de 2 classes de macromolécules : les nucléotides constitués de 4 types, ACGT, et les protéines constituées de 20 acides aminés.</p>	<p>-L'information va toujours dans le sens de l'ADN à la protéine et non l'inverse, principe fondamental en biologie. La cellule est une machine, au sens cartésien, dans un système intensément conservateur, sans aucune dialectique entre lui et le milieu extérieur. p.145.</p>	<p>4 L'imperfection du mécanisme de conservation moléculaire ouvre la voie à l'évolution. p.146 à 152.</p>	<p>-L'évolution est bien une création absolue et non une révélation p.151, comme le pensait Bergson qui la considère comme fin en elle-même et pour elle-même, sans répondre à un programme inscrit dans l'univers, comme le pensent les animistes, pour qui l'émergence au cours de l'évolution est de même nature que celle du développement embryonnaire. p.151. En effet, on peut parler de révélation pour ce dernier mais l'évolution, elle, est créatrice de nouveauté absolue Pour la théorie moderne, l'évolution n'est pas une propriété des vivants, ni « le principe de la vie » bergsonien mais est due aux perturbations dans la structure répliquative de l'ADN. p.151-152.</p>

Chap.7 Evolution

<p>1. Le génome, réservoir de variabilité formée et paradoxale de sa permanence. p.155 à 159.</p> <p>-hasard et nécessité : Les perturbations microscopiques sont dues au hasard ; c'est la réplication implacable de ces perturbations qui fait entrer dans le régime de la nécessité, régime où la sélection opère, à l'échelle macroscopique, cette fois.p.155.</p>	<p>-La richesse quasi-infinie des produits du hasard peut s'illustrer par l'exemple des anticorps capables de reconnaître virus et bactéries ; ils se forment sans connaître aucunement la structure de l'antigène ; certes, celui-ci favorise après coup néanmoins les cellules capables de produire ceux-là. Seul le hasard pouvait produire ces anticorps « tous azimuts. »p.161.</p>	<p>4. Le langage articulé à l'origine de l'évolution culturelle et physique de l'homme. p.165 à 174.</p> <p>- Le langage symbolique ouvre la voie à une nouvelle évolution, celle de la culture.p.166.</p> <p>- Irréductible aux autres langages animaux, le langage humain permet de s'exprimer par association et modification personnelle.p.166.</p> <p>-D'après Chomsky, toutes les langues auraient la même structure profonde, due au développement du système nerveux d'Homo sapiens, grâce à l'évolution qui porte depuis quelques milliers d'années sur le cerveau. p. 167.</p>	<p>-Hypothèse de ce développement épigénétique confirmée par les données anatomiques qui voit un développement continu jusqu'à la puberté, avec de plus en plus d'interconnexions allant de pair avec le développement cognitif. p. 172.</p> <p>-Le langage possède donc bien une forme innée, comme le pense Chomsky; position cartésienne acceptable pourvu qu'y soit intégrée la position selon laquelle l'évolution du cortex a elle-même été influencée par le langage, même le plus fruste. Cette capacité linguistique se trouve définie par le génome et donc est bien un produit du hasard.p.172.</p>
<p>-La sélection repose, selon le néo-darwinisme, sur la donnée quantitative du taux différentiel de reproduction, et non sur une vague « lutte » pour la vie ». L'agent de sélection est l'appareil téléonomique qui admet ou rejette un essai dû au hasard.p.156.</p>	<p>3. Le comportement comme orientant les pressions de sélection.</p>	<p>-Avec le couplage entre système nerveux et performances linguistiques, l'évolution engage l'espèce par une pression de sélection nouvelle qui favorise le cerveau.p.168.</p> <p>-L'apport de la position debout avec modification du squelette a rendu ces hommes chasseurs capables de produire des artefacts avec les membres antérieurs et de développer le langage en vue de tactiques concertées. Les modifications neuro-motrices ont certainement contribué à développer le langage articulé, ce qui donne à l'homme un avantage sur tous les vivants.p.168-170.</p>	
<p>-A l'échelle d'une population, la mutation est la règle. Sur les 3 milliards d'hommes à l'époque sur terre, il faut compter 100 à 1000 milliards de mutations, toutes mutations confondues, individuelles ou par recombinaison sexuelle.p.157.</p> <p>-C'est la stabilité des espèces qui devient inexplicable. Depuis 450 millions d'années, il n'y a pas de dévolution de la lingule ou de l'huître. Cette stabilité ne s'explique que par la cohérence du système téléonomique.</p>	<p>-Plus l'autonomie de l'organisme est grande, plus l'influence des performances téléonomiques est importante ; elle devient décisive pour les organismes supérieurs dont le comportement initial aura de fortes répercussions pour l'espèce et sa descendance.p.163. ; en particulier, l'invasion de nouveaux espaces écologiques joue un rôle très important, tel le passage de la mer à la terre pour le poisson qui a donné naissance aux vertébrés tétrapodes. De même le développement d'un certain organe peut engager l'espèce, tel le pied à un doigt du cheval du à l'enclenchement à la course, ou les parures des oiseaux de plus en plus perfectionnées conditionnées par le désir de l'accouplement, à l'origine de la sélection de certains plumages. p.164.</p>	<p>-Facilité incroyable de l'enfant à apprendre les langues, facilité qui décroît avec le temps, ce qui fait penser que celle-ci est liée au processus épigénétique des structures neurales liées aux performances linguistiques. p.171.</p>	
<p>2. L'évolution, comme fruit du hasard, locallement et sur une courte durée, compatible avec le second principe de thermodynamique.</p> <p>-Irreversibilité de l'évolution qui va de pair avec l'irréversibilité de l'accroissement de l'entropie, elle qui n'exclut pas qu'un système faible et de courte durée puisse en remonter la pente. p.160.</p>	<p>- Il y a bien couplage entre adaptations anatomiques et performances téléonomiques, non en raison des caractères acquis, comme le pensait Lamarck, mais du fait de la sélection. p.165.</p>		

Chap.8 Les frontières

<p>1. La théorie de l'évolution est démontée, p.177 à 178.</p> <p>-Sélection aveugle, seule compatible avec répllication, traduction, mutation. Les difficultés proviennent de l'extrême complexité des êtres vivants. -La notion d'évolution ne fait plus problème, même si elle demande à être encore précisée p.178.</p> <p>Les frontières actuelles de la connaissance se situent aux deux extrémités : -l'origine des premiers systèmes vivants. -le système nerveux central, p.178.</p>	<p>Mais l'origine du code est une véritable énigme : Celui-ci ne peut être traduit que par des produits de traduction eux-mêmes codés dans l'ADN, p.182.</p> <p>Soit on enret l'hypothèse qu'il y a affinité stéréochimique du code avec un acide aminé, ce qui n'est pas vérifié, soit on conçoit le code comme chimiquement arbitraire et dans ce cas, pour expliquer son universalité, il faut soutenir qu'un seul ait survécu, p.183.</p>	<p>-Bien plus complexe qu'une calculatrice, la comparaison est valable surtout pour les premiers degrés d'analyse sensorielle mais ne l'est plus du tout pour le langage, p.188.</p> <p>-la loi du passage réversible de la quantité et de la qualité, lère loi de la dialectique, s'applique en matière d'interactions élémentaires à tous les niveaux d'intégration.</p>	<p>-l'innéité des cadres de connaissance au sens de Descartes et de Kant : les éléments sont acquis selon un programme inné. On le voit avec l'apprentissage du langage, p.192.</p> <p>-Pas d'investigation complète du cerveau de l'homme par respect pour lui-même, p.193.</p>	<p>en cas de dissociation des deux hémisphères du cerveau, un objet vu par l'œil gauche ou touché par la main gauche n'est pas nommé, tandis que l'hémisphère droit aphasique peut reconnaître un objet en 3D sur écran plat. Ainsi l'hémisphère droit semble jouer un rôle plus important dans cette activité, p.196.</p>	<p>7. Le dualisme cerveau/pensée, une illusion ? p.198-199.</p> <p>-A défaut d'expérimentation physiologique assez inopérante, restent l'introspection et l'analyse du langage. Donc le dualisme cartésien reste opérationnel bien qu'il soit cependant une illusion sans laquelle il est difficile de vivre affectivement et moralement ; ne pas nier l'esprit, l'« âme » mais l'idée de « substance » immatérielle. Voir sa profondeur dans l'héritage à la fois génétique, culturel et personnel de chacun, p.199.</p>
<p>2. Un problème, une énigme, p. 179 à 185.</p> <p>-Le problème des origines .avec 1) une étape de « soupe prébiotique », contenant des macromolécules avec formation des nucléotides et acides aminés (composés du C tel le méthane, H₂O, ammoniacque). -puis 2) le développement des macromolécules capables de se répliquer. -enfin 3) émergence graduelle de systèmes téléonomiques capables de construire un organisme, telle la cellule primitive, p.179-181.</p>	<p>Mais la question la plus profonde, que cette énigme ne doit pas faire oublier, porte, de façon toujours ouverte, sur la probabilité de la vie sur terre quasi-nulle, p.184.</p> <p>Cette idée heurte les scientifiques qui ne traitent pas du singulier et notre façon de penser les choses comme nécessaires, p.184.</p>	<p>4. Fonctions du système nerveux, p.188 à 193.</p> <p>3 fonctions coordinatrices et représentatives, déjà présentes chez les arthropodes dont les insectes : -commande et coordination de l'activité neuro-motrice, en fonction des différences sensorielles. - maintien et déclenchement des programmes d'action, plus ou moins complexes. -capacité d'analyser, filtrer, intégrer les afférences sensorielles pour une représentation appauvrie et orientée du monde.</p>	<p>-Le débat innéité/empirisme rappelle celui du génotype/phénotype chez les biologistes. -Tort de ceux qui rejettent l'idée de l'innéité du gène, bien qu'en un certain sens, l'innéité vient de l'expérience, non pas celle accumulée des empiristes, mais celle accumulée tout au long de l'histoire de l'espèce, au cours de l'évolution, puisée au hasard et triée par la sélection, p.193-197.</p>	<p>-Ce pouvoir de la pensée comme simulation, résultat d'une évolution, triée par la sélection jusqu'à l'Homme sapiens est déjà présent pour organiser la chasse, p.197. Il se manifeste aussi dans les mathématiques avec des résultats conformes au réel grâce, non pas à l'expérience concrète mais au simulateur forgé par l'expérience accumulée, p.198. La confrontation scientifique logique/ expérience est en fait celle de l'expérience accumulée/ expérience actuelle, p.198.</p>	
<p>3. Le système nerveux central p. 185 à 188.</p> <p>-Difficulté pour l'homme de comprendre son propre cerveau, qui peut, à défaut, étudier celui de l'animal mais dont l'exploration reste irremplaçable, p.185.</p> <p>-Pour comprendre son fonctionnement, avec ses neurones interconnectés par des synapses, il faut connaître la synapse, en termes d'interactions moléculaires, p.186.</p> <p>-l'électrophysiologie a fourni des résultats significatifs sur les neurones, comparables à des composants d'une calculatrice électronique, capables d'opérations d'additions, de soustractions de différents signaux, p.187.</p>	<p>Ex de la représentation sélective de la grenouille qui ne voit qu'une mouche en vol ou du chat qui ignore le blanc et le spectre complet des couleurs, p.190-191. Analyste sélectif avec certaines cellules spécialisées pour saisir une figure particulière, p.191-192</p> <p>2 fonctions cognitives : chez invertébrés supérieurs tel le poulpe et les vertébrés, capacité d'enregistrer et de grouper les événements les plus significatifs. Ex : poulpe et rat intègrent des formes géométriques. chez les vertébrés, capacité d'imaginer, c'est-à-dire représenter et simuler événements et programmes d'action. Cette fonction est créatrice d'expérience subjective, p.190.</p>	<p>-La fonction de simulation est la caractéristique propre au cerveau humain : cette fonction d'anticipation se trouve déjà chez le jeune chien joyeux avant la promenade, mais cette fonction, comme chez le jeune enfant, est encore associée à l'activité neuro-motrice, manifestée par le jeu, par exemple. Chez l'homme, cette fonction de simulation devient fonction créatrice, exprimée par la symbolique du langage, p.193-194.</p> <p>-l'expérience scientifique, par exemple, est, avant tout, imaginative et non pas verbale. Monod relate qu'il s'est surpris à se prendre pour une molécule de protéine, p.195.</p> <p>Cette idée est encore illustrée par l'expérience de Sperry sur l'aphasie :</p>	<p>en cas de dissociation des deux hémisphères du cerveau, un objet vu par l'œil gauche ou touché par la main gauche n'est pas nommé, tandis que l'hémisphère droit aphasique peut reconnaître un objet en 3D sur écran plat. Ainsi l'hémisphère droit semble jouer un rôle plus important dans cette activité, p.196.</p>		

Chap.9 Le Royaume et les ténébres

<p>1.La culture Son évolution</p>	<p>2.Les menaces graves : L'animisme enraciné en l'homme.</p>	<p>3.Le mal profond : Sociétés déchirées par la contradiction.</p>	<p>4.La solution : l'éthique de la connaissance.</p>	<p>5.Les bénéfices de l'éthique de la connaissance.</p>	<p>6. Un humanisme scientifique.</p>
<p>- \$1. Naissance d'un nouveau règne avec les idées et la communication par le langage. - \$2. L'homme, fruit de cette synthèse évolutive physique et idéale. - \$3. Lutte pour la survie puis par pression de sélection, développement du langage. - \$4. Lutte à mort intraspécifique propre à l'homme : génocide du Néandertalien par Homo sapiens ? - \$5 et 6. L'évolution favorise la cohésion sociale du groupe, et influence l'évolution physique du génome. - \$7. Dissociation évolutive : culture / génome à un moment donné. - \$8, 9, 10. Accentuation de l'écart entre une élite qui se choisit et le reste de la population. Infirmités génétiques. Impossibilité d'agir sur le patrimoine héréditaire. - \$11. Mais il y a encore des menaces bien plus grandes que ces dernières.</p>	<p>- \$12. Le mal de l'âme : l'homme doit procéder à une révision déchirante de la conception de lui-même et de l'univers. - \$13. La vérité de la connaissance définie après un temps très long en Occident. - \$14. Production et « sélection des idées ». - \$15. Performance de l'idéologie religieuse : cohésion du groupe. - \$16. Les idées au plus fort pouvoir d'invasion sont celles qui expliquent l'homme. - \$17. Cohésion par les lois qui ont influencé l'évolution génétique. - \$18. Impérieux besoin d'explication inné. - \$19. Universalité génétique du religieux. - \$20. Ontogénies relatives à une histoire sauf dans le bouddhisme. - \$21. Ontologies explicatives et normatives. Platon. - \$22. Pour Marx et Hegel, les lois pour l'histoire de l'homme et celles du cosmos sont les mêmes.</p>	<p>- \$23. Innéisme de ce besoin explicatif. - \$24. « L'idée austère et froide » de l'objet de la science s'est enfin imposée. - \$25. Pouvoir de performance du postulat d'objectivité de la science. - \$26. Nouvelle et unique source de vérité. - \$27. Déchirement car les systèmes animistes sont hostiles à la science. - \$28. Le mal, c'est ce mensonge qui consiste à rester attaché à des valeurs ruinées par la science. - \$29. La science attende aux valeurs : ruine tous les animismes. - \$30. « Que l'homme se réveille de son rêve millénaire ! ». - \$31. Les valeurs sont à l'homme et non l'homme aux valeurs.</p>	<p>- \$32. Tous les systèmes animistes font un amalgame entre connaissance et valeurs. - \$33. Connaissance et éthique sont liées dans l'action. - \$34. Dans l'animisme, l'éthique et connaissance sont confondues. - \$35. Or, l'éthique, non objective, est exclue de la connaissance. - \$36. Dans l'Occident chrétien, le sacré est distinct du profane. - \$37. Jugements de valeur et jugements de connaissance sont liés dans l'action. - \$38. Mensonge et amalgame dans le discours politique. - \$39. Pour fonder la connaissance vraie, il faut reconnaître la nécessité d'un jugement de valeur : la proposition de base de l'éthique, c'est l'éthique de la connaissance. - \$40. Condition authentique de toute action. - \$41. Puissance matérielle / fragilité morale.</p>	<p>- \$42. Il faut proposer un idéal qui « transcende » l'individu. - \$43. L'éthique de la connaissance répond à cette proposition. - \$44. Elle est aussi connaissance de l'éthique : pulsions, passions. L'homme appartient à deux règnes : dualisme « déchirant » vécu dans l'art, la poésie, l'amour humain. - \$45. Les systèmes animistes avilissent l'homme biologique et lui ôte son statut dans le règne animal. L'éthique de la connaissance, au contraire, lui fait assumer son héritage et son origine socio-biologique.</p>	<p>- \$46. Il faut fonder le socialisme sur cette éthique de la connaissance. - \$47. Abandon total de l'idéologie marxiste. - \$48. L'humanisme socialiste va de pair avec l'instauration du Royaume transcendant des idées. - \$49. C'est peut-être une utopie mais pas un rêve incohérent : l'ancienne alliance est rompue. A l'homme de choisir entre Royaume et ténébres.</p>

BIBLIOGRAPHIE :

- ALTHUSSER Louis, *Philosophie et philosophie spontanée des savants*, Paris, Maspero, 1974, [1967].
- ALEXANDER Denis, *Creation or evolution: do we have to choose?* Oxford, UK, Grand Rapids, Michigan, 2008.
- AMEISEN Jean-Claude, *Dans la lumière et les ombres, Darwin et le bouleversement du monde*, Paris, Fayard/Seuil, 2008.
- AMZALLAG Gérard Nassim, *La raison malmenée*, CNRS, 2002.
- ANDLER Daniel, FAGOT-LARGEAULT Anne, SAINT-SERNIN Bertrand, *Philosophie des sciences I et II*, Paris, Gallimard, « Folio essais », 2002.
- ANDRADE E. SILVA J. et LOCHAK G., *Quanta, grains et champs*. « L'Univers des connaissances », Paris, Hachette, 1969.
- ANDRIEU Bernard, *l'interprétation des gènes*, Paris, l'Harmattan, Mouvement des savoirs, 2002.
- ANFRAY Jean-Pascal, *Qu'est-ce que la nécessité ?* Paris, VRIN, 2009.
- ARISTOTE, *De anima*, tr. E. Barbotin, Paris, Les belles Lettres, 1980.
- ARISTOTE, *Histoire des animaux*, tr. par P. Louis, Paris, Les belles Lettres, 2002.
- ARISTOTE, *Les parties des animaux*, tr. P. Louis, Paris, Les belles Lettres, 2002.
- ARISTOTE, *Parties des animaux*, tr. J.-M. Leblond, Paris, G-F Flammarion, 1995.
- ARISTOTE, *Physique*, I-IV, tr. H. Carteron, Paris, Les belles Lettres, 1973.
- ARISTOTE, *Organon, De l'interprétation*, tr. Tricot, Paris, VRIN, 1984.
- ARISTOTE, *La métaphysique*, tome 1, tr. Tricot, Paris, VRIN, 1974.
- ARISTOTE, *Organon, II, De l'interprétation*, tr. Tricot, Paris, VRIN, 1984.
- ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, Paris, G-F Flammarion, 2005.
- ARISTOTE, *De la génération et de la corruption*, tr. Tricot, Paris, Vrin, 2005.
- AUGUSTIN (saint), *Les confessions*,
- AYERON Ignace Yapi, *Approche du vivant, Etudes d'épistémologie biologique*, Paris, l'Harmattan, 2007.
- AUMONIER Nicolas, « *Qu'est-ce qu'une cause dans un micro-organisme ?* » thèse en 1999.
- BACHELARD Suzanne, *La représentation géométrique des quantités imaginaires au début du XIX^{ème} siècle*, notion de modèles, 1983.
- BACHELARD Suzanne, *le matérialisme rationnel de Bachelard*, Paris, PUF, « Quadrige », 1990.
- BACHELARD Suzanne, *La flamme d'une chandelle*, Paris, PUF, « Quadrige », Puf, 1961.
- BACHELARD Suzanne, *Quelques aspects des notions du modèle et de justification des modèles*, Paris, Maloine, 1979.
- BARNETT, *Einstein et l'univers* (préfacé par Einstein), Paris, Gallimard, NRF, 1959.
- BARTHELEMY-MADAULE Madeleine, *L'idéologie du hasard et de la nécessité*, Paris, Seuil, 1972.
- BEAUVOIR Simone de, *La cérémonie des adieux. Entretiens avec Jean-Paul Sartre, août-septembre 1974*, Paris, Gallimard, 1982.
- BEDAU Mark et HUMPHREYS Paul, *Emergence. Contemporary readings in Philosophy and Science*, Cambridge, Mit Press, 2008.
- BEHE Michael, *La boîte noire de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, 2009 [2006].
- BEIGBEDER Marc, *Le contre-Monod*, Paris, Grasset, 1972.

- BENSAUDE-VINCENT B. et KOUNELIS C., *Les atomes, une anthologie historique*, Paris, Presses Pocket, 1991.
- BENSAUDE Vincent, *La science contre l'opinion. Histoire d'un divorce*. « Les empêcheurs de penser en rond », Paris, Le Seuil, 2003.
- BENZ Arnold, *L'avenir de l'univers, hasard, chaos ou Dieu ?* Paris, Labor et fides, 2004.
- BERGSON Henri, *L'évolution créatrice*, Paris, PUF, « Quadrige », 1981.
- BERGSON Henri, *Les deux sources de la morale et de la religion*, Paris, PUF, « Quadrige », 2000 [1932].
- BERNARD Claude, *Cahier de notes (1850-1860)*, « Blanche », Paris, Gallimard, 1965.
- BERNARD Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, « livre de poche », Champs classiques, [1985], 2008.
- BERZELIUS J.J., « Quelques idées sur une nouvelle force agissant dans les combinaisons des corps organiques », *Annales de Chimie et de Physique*, 1836.
- Bible de Jérusalem, tr. sous la direction de l'école biblique de Jérusalem, Paris, Desclée de Brouvier, 1975.
- BITBOL M., *L'aveuglante proximité du réel. Anti-réalisme et quasi réalisme en physique*, « coll. Champs », Paris, Flammarion, 1998.
- BITBOL Michel., *L'aveuglante proximité du réel. Anti réalisme et quasi-réalisme en physique*, « coll. Champs », Paris, Flammarion, 1988.
- BLANC Marcel, *Les héritiers de Darwin. L'évolution en mutation*, « science ouverte », Paris, Ed. Le Seuil, 1990.
- BLAY Michel (dir.), *Grand dictionnaire de la philosophie*, Paris, CNRS éditions, 2003.
- BLIGNIERES L. M. de, *Le mystère de l'être*, « Analyse de l'activité de la découverte », Paris, Vrin, 2007.
- BLONDEL Maurice, *L'action*, Vendôme, Puf, 1950 (1893).
- BLONDEL Maurice, *La pensée*, Vendôme, Puf, 1950.
- BOHR Niels, *La théorie atomique et la description des phénomènes*, Paris, Gauthier-Villars, 1932.
- BOHR Niels, *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Gallimard, 1991.
- BOLZANO Bernard, *Les paradoxes de l'infini*, tr. Par Hourya Sinaceur, « Les sources du savoir », Paris, éd. Du Seuil, 1993.
- BOREL Emile, *les probabilités et la vie*, « Que sais-je ? », Paris, Puf, 1943.
- BOSSI Laura, *Histoire naturelle de l'âme*, Paris, Puf, 2003.
- BOUNOURE Louis, *L'autonomie de l'Être vivant, Essai sur les formes organiques et psychologiques de l'activité vitale*, Paris, Puf, 1949.
- BOURDIER Juliette, *Jacques Monod, religion sans dieux*, Paris, Gallimard, 1992.
- BOUTINET Jean-Pierre, *L'anthropologie du projet*, Paris, PUF, 1990.
- BOUTROUX Emile, *La contingence des lois de la nature*, thèse de 1874.
- BRAGUE Rémi, *La loi de Dieu, Histoire philosophique d'une alliance*, Paris, Gallimard, 2005.
- BRAGUE Rémi, *Les ancrés dans le ciel*, Paris, Flammarion, 2013.
- BRAGUE Rémi, *Le propre de l'homme, sur une légitimité menacée*, Paris, Flammarion, 2013
- BRAGUE Rémi, *Le règne de l'homme, Genèse et échec du projet moderne*, Paris, Gallimard, 2015.
- BRILLOUIN Léon, *La science et la théorie de l'information*. (Sur le « démon de Maxwell (p.149 et suivantes), Paris, Masson, 1959.
- BRILLOUIN Léon, *Vie, matière et observation*, Paris, Albin Michel, 1959.
- BROGLIE Louis de, *Sens philosophique et portée pratique de la cybernétique*. Paris, Nouvelle revue Française, juillet 1953.
- BRUN Jean, *La main et l'esprit*, Paris, Labor et Fides, 1986.
- BUBER M., *Deux types de foi. Foi juive et foi chrétienne*, tr. B. Delattre, Cerf, Paris, 1991.

BUC Henri, article dans LWOFF et ULLMANN, *Hommage à Monod*, 1980.

BUC Henri, dans *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, « Le Hasard et la nécessité quarante ans après », Paris, éd. Kimé, 2010.

BUFFON, *Histoire générale des animaux*, « Œuvres philosophiques », Paris, Puf, 1954.

BUICAN Denis, *Histoire de la génétique et de l'évolutionnisme en France*, Paris, Puf, 1984.

BUICAN Denis, *l'éternel retour de Lyssenko*, Paris, éd. Copernic, 1978.

CACHIA Jean, *Le créateur de l'univers*, Paris, François-Xavier de Guibert, 2006.

CANGUILHEM Georges, article intitulé : *logique du vivant et histoire de la biologie*, 1971. En ligne.

CANGUILHEM Georges, *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin, 2009.

CANGUILHEM Georges, *Le Concept et la Vie*, (1966). *Revue philosophique de Louvain*, vol. 64, n°82, pp. 193-223. En ligne.

CANGUILHEM Georges, *Le normal et le pathologique*, « Quadrige », Paris, Puf, 2013. (Thèse de doctorat de 1943).

CANGUILHEM Georges, *Etude d'histoire et philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1979.

CHALIER Catherine, *L'alliance avec la nature*, Paris, Le Cerf, 1989.

CHALINE Jean, *Les horloges du vivant : un nouveau stade de la théorie de l'évolution*. Paris, Hachette, 2000.

CHALINE Jean, NOTTALE Laurent, GROU Pierre, *Les arbres de l'évolution*, Paris, Hachette, 2000.

CHALINE Jean, NOTTALE Laurent, GROU Pierre, *Des fleurs pour Schrödinger, la relativité d'échelle et ses application*, Paris, Ed. Ellipses, 2009.

CHALMEL Patrick, *Biologie actuelle et philosophie thomiste*, Paris, Téqui, 1984.

CHALMEL Patrick, *L'évolution, mythe et réalités*, Paris, Téqui, 1989.

CHALMERS Alan. F., *Qu'est -ce que la science ?* Paris, La découverte, 1987.

CHALMERS Alan. Francis., *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*, Paris, La découverte, 1987.

CHANDEBOIS Rosine, *Le Gène ou la forme, ou la démythification de l'ADN*, Espaces 34, 1989.

CHANDEBOIS Rosine, *Pour en finir avec le darwinisme. Une nouvelle logique du vivant*, Paris, l'Harmattan, 2010.

CHANGEUX Jean-Pierre et RICOEUR Paul, *La nature et la règle*, Paris, Odile Jacob, 1998.

CHANGEUX Jean-Pierre, *L'homme neuronal*, Paris, Hachette, 1983.

CHARBONAT Pascal, *Histoire des philosophies matérialistes*, Paris, Kimé, 2012.

CHARBONAT Pascal, *Quand les sciences dialoguent avec la métaphysique*, Paris, Vuibert, 2011.

CHARBONAT Pascal et PEPIN François, *Le déterminisme entre sciences et philosophie*, Paris, Editions Matériologiques, 2012.

CHARBONAT Pascal, *Naissance de la biologie et matérialisme des lumières*, Paris, éd. Kimé, 2013

CHARLIER Catherine, *L'alliance avec la nature*, Paris, Le Cerf, 1989.

CHEVALIER Jacques, *La notion du nécessaire chez Aristote et chez ses prédécesseurs*, Paris, Félix Alcan, 1915.

CICERON, *De la divination*, XIII.

CICERON, *De la nature des dieux*, II, édition Harvard University Press, 2000.

CLAVIER Paul, *Ex Nihilo, vol. 1&2*, Paris, Hermann, 2011.

CLAVIER Paul, *Les sciences face à la création*, Paris, Presses Universitaires de l'Ices, 2014.

CLAVIER Paul, *Qu'est-ce que le bien ?* Paris, Vrin, Chemins philosophiques, 2010.

CLAVIER Paul, *Qu'est-ce que le créationnisme ?* Paris, Vrin, Chemins philosophiques, 2012.

CLAVIER Paul, « Science is incompetent to reason upon creation of matter itself out of nothing. » Article en ligne.

- COATES M. I. et CLACK J. A., *Fish like Gills and Breathing in the Earliest Know Tetrapod*, in *Nature*, n°352, 1991.
- COHEN-TANNOUJDI Gille et SPIRO Michel, *La matière-espace-temps*, Paris, Fayard, 1986.
- COLLINS Francis, *De la génétique à Dieu*, « coll. Sc. et religion », Paris, Presses de la Renaissance, 2010.
- COLONA Fabrice, *Ruyer*, Paris, Les belles Lettres, 2007.
- Colloque de Royaumont, *L'unité de l'homme*, Paris, Le Seuil, 1976.
- COMTE SPONVILLE et André et FERRY Luc, *La sagesse des modernes*, Paris, Robert Laffont, 1998.
- COMTE Antoine-Auguste, *Discours sur l'esprit positif*, Paris, Vrin, 1974, [1844]
- COMTE Auguste, *Cours de philosophie positive* (1830-1842), 1^{ère} leçon, Paris, Hermann, 1975.
- COMTE Antoine-Auguste, *Plan des travaux scientifiques, nécessaires pour réorganiser la société*, Paris, L'Harmattan, 2001, [1822].
- CONCHE Marcel, *La métaphysique du hasard*, Le Portique, Revue de philosophie et de Sciences Humaines, 2002.
- CONRY Yvette, *De Darwin au Darwinisme*, Science et idéologie, Paris, Vrin, 1983.
- COPPENS Yves, *Le singe, l'Afrique et l'homme*, Paris, Fayard, 1982.
- COPPENS Yves, *Pré-ludes, Autour de l'homme préhistorique*, Paris, Odile Jacob, 2014.
- COPPENS Yves, *Pré-textes, l'homme préhistorique en morceaux*, Paris, Odile Jacob, 2011.
- COURNOT Antoine- Auguste, *Œuvres complètes, Exposition de la théorie des chances et des probabilités*, bibliothèque des textes philosophiques, Paris, Vrin, 1984, [1843].
- COURNOT Antoine- Auguste, *textes choisis* par Claude Khodoss, Critique philosophique, Paris, PUF, 1958.
- CRAHAY Anne, *Du modèle mécaniste au modèle holistique : les implications métaphysiques de cette transformation*. Thèse à l'université catholique de Louvain.
- CRANE, *The signifiante of emergence*, cité par SARTENAER, *Définir l'émergence*, 2001. En ligne.
- CUENOT Lucien, *Invention et finalité en biologie*, Paris, Flammarion, 1974, [1941].
- CUNNINGHAM Henri-Paul, *à propos de Hasard et Nécessité*, Laval, presses de l'Université, 1972.
- CURIE Pierre, *Œuvres*, Paris, Gauthier-Villars, 1908.
- DAGOGNET François, *Considérations sur l'idée de nature*, Paris, Vrin, 2000.
- DALLE François et BOUNINE Jean. *Quand l'entreprise s'éveille à la conscience sociale*. Paris, R. Laffont, 1975.
- DANCHIN Antoine, *La Barque de Delphes*, Paris, Odile Jacob, 1998.
- DARWIN Charles, *De l'origine des espèces*, Paris, tr. française Garnier Flammarion, 1992 et 2009 (1859).
- DARWIN Charles, *La vie et la correspondance de Ch. Darwin*, Paris, tr. H C de Varigny, C. Reinwald, 1888.
- DAWKINS Richard, *Pour en finir avec Dieu, (The god Delusion, 2006)*, traduit de l'anglais par Marie-France Desjeux-Lefort, « Col. Tempus », éd. Perrin, 2009.
- DAWKINS Richard, *L'horloge aveugle* [1986], Paris, Robert Laffont, 1999.
- DEBRE Patrice, *Jacques Monod*, Grandes Bibliographies, Paris, Flammarion, 1996.
- DE BROGLIE L., *Jalons pour une nouvelle microphysique*, « Discours de la méthode », Paris, Gauthier-Villars, 1978.
- DEBRU Claude, *L'esprit des protéines histoire et philosophie biochimiques*, Paris, Hermann, 1983.
- DEBRU Claude, *Philosophie moléculaire : Monod, Wyman, Changeux*, Paris, Vrin, 1987.

DE DUVE Christian, *vital Dust: life as cosmic imperative*, New York, Basic book, 1998.

Poussière de vie : une histoire du vivant, tr.fr BUCKER Anne, Paris, Fayard, 1986.

DIELS et KRANZ, *Fragmente der vorsokratiker*, Berlin, 6^{ème} éd., 1952.

DE KONINCK Thomas, *Philosophie de l'éducation. Essai sur le devenir humain*, Paris, PUF, 2004.

DE KONINCK Thomas, *La nouvelle ignorance et le problème de la culture*, Paris, PUF, 2002.

DE KONINCK Thomas, *De la dignité humaine*, Paris, PUF, 2002.

DE KONINCK Thomas, *Aristote, l'intelligence et Dieu*, Paris, PUF, 2008.

DE KONINCK Thomas, *Questions ultimes*, Presses de l'Université d'Ottawa, 2012.

DELFOSSÉ Marie Luce, *L'expérimentation médicale sur l'être humain. Construire les normes, construire l'éthique* (préface de J. Ladrière), Bruxelles, De Boeck Université (coll. Sciences, éthiques, sociétés), 1993.

DELSOL Michel, *L'embryogenèse récapitule la phylogenèse, unité et diversité du monde vivant dans evolution histoire et philosophie*. Hommage au professeur P.P. GRASSE, Paris, Masson, 1987.

DELSOL Michel et FLATIN Janine, *Le réductionnisme en question*, Paris, Vrin, 1987.

DELSOL Michel, *Cause, loi, hasard en biologie*, Paris, Vrin, 1985.

DELSOL Michel, *Darwin, le hasard et Dieu*, Paris, Vrin, 2007.

DELSOL Michel et CUNNINGHAM H., *Hasard, ordre et finalité*. Suivi de *négation de la négation*, Revue de théologie et de philosophie 25 :104, 1975.

DELSOL Michel, *L'évolution biologique en 20 propositions. Essai d'analyse épistémologique de la théorie synthétique de l'évolution*, Paris, Vrin, 1991.

DELSOL Michel, *Mécanicisme et finalisme chez les biologistes contemporains*. Thèse dactylographiée. Lyon, 1981.

DELSOL Michel, *L'origine des espèces aujourd'hui*, Paris, Ed. Boubée, 1995.

DELSOL Michel, FELZ Barnard et GROESSENS Marie-Claire (sous la direction de), colloque sur *Intelligence animale, intelligence humaine*, Paris, Vrin, 2008.

DEMARET Jacques et LAMBERT Dominique, *Le principe anthropique. L'homme est-il le centre de l'univers ?* Paris, Armand Colin, 1994.

DESCARTES, *Méditations métaphysiques*, tr. M. Beyssade, Paris, Le livre de poche, 1990.

DESCARTES René, Œuvres, tome VII, *Méditations métaphysiques*, [1647], Adam et Tannery, Paris, Léopold Cerf, 1904.

DESCARTES René, Œuvres, tome VIII, *Méditations métaphysiques*, [1644], Adam et Tannery, Paris, Léopold Cerf, 1905.

DESCARTES, Œuvres, tome VIII et IX, *Principia philosophiae*, [1641] Paris, éd. Adam et Tannery, Léopold Cerf, 1904.

DETIENNE M. *Les maîtres de vérité dans la Grèce archaïque*, Maspero, 1967. Nouvelle éd., le livre de poche, 2006.

DEUTSCH Jean, *Le gène, un concept en évolution*, Paris, Seuil, 2012.

DIDEROT, *Œuvres complètes*, éd. Dieckmann, Hermann, Paris, 1975.

DOBZHANSKI, Théodore, *Genetics of the evolutionary Process*, biosciences. oxfordjournals.org, 1970.

DOBZHANSKY Théodore et BOESIGER E., *Essais sur l'évolution*, Paris, Masson, 1968.

DOBZHANSKI Théodore, *Génétique du processus évolutif*, Paris, Flammarion, 1971.

DOBZHANSKI Théodore, *L'homme en évolution*, Paris, Flammarion, 1966.

DORST J. (sous la direction de), *Histoire des êtres vivants*, Paris, Hachette, 1985. Article de C. Hélène sur la cellule dans « les formes et les mécanismes de la vie ».

DUBARLE Dominique, *Concept de la matière et discussion sur le matérialisme, dans science et matérialisme*, recherches et débats n°41, Paris, Fayard, 1965.

DUBESSY Jean et LECOINTRE Guillaume, *Intrusions spiritualistes et impostures intellectuelles en sciences*, Paris, Ed Syllepse, 2001.

DUCHESNEAU François, « L'argumentation finaliste en biologie », pp. 189-210, dans Vincent de Coorebyter (dir.), *Rhétoriques de la science*, Paris, Puf, 1994.

DUHEM Pierre, *Thermodynamique et chimie, Leçons élémentaires*, Paris, Hermann, 1910.

DUMAS Jean-Baptiste, *Leçons sur la philosophie chimique*, Paris, Gauthier Villard, 1878.

DUMONT J-P. dans *Les présocratiques, Démocrite, Témoignages et fragments*, « bibliothèque de la Pléiade », Paris, Gallimard, 1988.

ECCLES John, *Evolution du cerveau et création de la conscience*, Paris, Fayard, 1992.

ECCLES John, *Facing Reality*, Springer Verlag, 1970.

EDDINGTON A.S., *La nature du monde physique*, tr. par G. Cross, Paris, Payot, 1929.

EIGEN M. et WINKLER R., *Das Spiel naturgesetze, Stewern den zufall*, Munich-Zurich, 7ème éd. 1985.

EINSTEIN A., *Comment je vois le monde*, tr. M. Solovine et R. Hanrion, collection "Champs", Paris, Flammarion, 1979.

ELSASSER Walter Maurice, *Atome et Organisme, une nouvelle approche de la biologie théorique*, [Princeton University, 1966], Gauthier-Villars, 1969.

ELSASSER Walter Maurice, *The physical foundation of biology*, New-York, Pergamon, 1958.

ENGEL Pascal, *Philosophie et psychologie*, « folio », Paris, Gallimard, 1996.

ENGEL Pascal, *Dialectics of Nature*, traduction anglaise préfacée par J B S Haldane, 1939 [1883].

ENGEL Pascal, *Dialectique de la nature*, traduction Emile Bottigelli, Editions sociales, 1952.

ESFELD Michael, *Philosophie des sciences*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2006.

ETCHEVERRY Auguste, *Le conflit actuel des humanismes*, Paris, Puf, 1955.

EXBRAYAT Jean-Marie, d'HOMBRES Emmanuel et REVOL Fabien, *Evolution et création, des sciences à la métaphysique*, Paris, Vrin, 2011.

FAGOT-LARGEAULT Anne, *L'émergence, dans philosophie des sciences*, tome II, « Folio-essais », Paris, Gallimard, 2002.

FAGOT-LARGEAULT Anne, ST GERMAIN Bertrand et ANDLER Daniel, *Possibilité philosophique de la nature aujourd'hui*, Luciano Boi, « Science et philosophie de la nature », Bern, Peter Lang, 2000.

FANTINI Bernardino, textes choisis et présentés de- Jacques Monod, *Pour une éthique de la connaissance*. Paris, La découverte. 1988.

FELTZ Bernard, *La science et le vivant, introduction à la philosophie de la vie*, Bruxelles, De Bock, 2002.

FEYERABEND Paul, *Adieu la raison*, Paris, Le Seuil, 1989.

FEYNMAN Richard, *La nature de la physique*, Paris, Seuil, Points Sciences, 1970.

FINGER B. et STENGER G., *Etre matérialiste à l'Age des lumières*, Hommage offert à Robert Desné, Paris, Puf, pp. 275-285.

FLEURY Vincent, *De l'œuf à l'éternité. Le sens de l'évolution*, Paris, Flammarion, 2006.

FOCILLON Henri, *Eloge de la main dans la vie des formes*, Paris, Puf, 1943. Repris dans « Quadrige », p.128.

FONTAINE Philippe, *Qu'est-ce que la science ? De la philosophie à la science : les origines de la rationalité moderne*, en ligne.

FOUCAULT Michel, *Les mots et les choses*, Paris, éd. Gallimard, 1966.

FOX S.W., *The Origins of Prebiological Systems and of their Molecular Matrices*, New York, Academic Press, 1965.

FRIEDEL H., Lettre à Monod du 15 avril 1971, Paris, éd. Kimé, 2010.

FRANKFURT Harry, *Necessity, Volition and love*, Cambridge University Press, 1999.

GANOCZY Alexandre, *Dieu, L'Homme et la Nature*, Paris, Les éditions du cerf, 1995.

GAUDILLIERE Jean-Paul, *Biologie moléculaire et biologistes dans les années soixante : la naissance d'une discipline. Le cas français*, Paris, thèse de l'Université Paris-VII, 1991.

GAYON Jean, dans *Une nouvelle connaissance du vivant*, Colloque ENS, Paris, éditions rue d'Ulm, 2012.

GIERTYCH Maciej, « Impact of research on race formation and mutations on the theory of evolution », Proceedings of the international Conference « *A scientific Critique of Evolution* », Rome, La Sapienza University, 3 nov 2008.

GILSON Etienne, *D'Aristote à Darwin et retour*, Paris, Vrin, 2009. (1971)

GIRARD René, *Les origines de la culture*, Paris, DDB, 2004.

GONDRAN Michel et Alexandre, *Mécanique quantique : et si Einstein et de Broglie avaient aussi raison ?* Editions Matériologiques, 2014.

GOULD Stephen Jay, *Quand les poules auront des dents : réflexions pour l'histoire naturelle*, Seuil, 1991, (1983).

GOULD Stephen Jay, *Quand les poules auront des dents : réflexions pour l'histoire naturelle*, Fayard, 1983.

GOULD Stephen Jay, « Non-overlapping magisteria » *Natural History* 106, mars 1997.

GOULD Stephen Jay, *Et Dieu dit : que Darwin soit ! Science et religion enfin en paix !* Paris, Seuil, 2000.

GOULD Stephen Jay, *La structure de la théorie de l'évolution*, NRF essais, Paris, Gallimard, 2006 (2002).

GOULD, Stephen Jay, *Rocks of ages*, New York, Ballantine, 1999.

GRASSE Pierre-Paul, *Toi, ce petit Dieu, Essai sur l'histoire naturelle de l'homme*, Paris, Albin Michel, 1971.

GRASSE Pierre-Paul, (sous la direction de), *Biologie générale*, Paris, Masson, 1966.

GRASSE Pierre-Paul, *L'évolution du vivant*, « sciences d'aujourd'hui », Paris, Albin Michel, 1973.

GRIMOULT Cédric, *Histoire de l'évolutionnisme contemporain en France 1945-1995*, Paris, librairie Droz Genève, 2000 (avec l'aide de Paris X Nanterre).

GRIMOULT Cédric, *Créationnismes. Mirages et contrevérités*, Paris, CNRS éditions, 2012.

GROS François, *Les secrets du gène*, Paris, Odile Jacob, 1986.

HABERMAS J., *Après Marx*, Paris, Fayard, 1985.

HACKING Ian, *L'émergence de la probabilité*, Paris, Seuil, 2002.

HACKING Ian, *representing an intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*, Cambridge University Press, 1983.

HADOT Pierre, *Le voile d'Isis*, essai sur l'histoire de l'idée de la nature, nrf-essai, Paris, Gallimard, 2004.

HEAMS Thomas, *Expression stochastique des gènes et différenciation cellulaire, Le hasard au cœur de la cellule. Probabilités, déterminisme, génétique*, sous la direction de JJ Kupiec, O Gandrillon, M Morange et M Silberstein, Syllepse, 2009.

HEIDEGGER Martin, *Etre et temps*, Paris, Gallimard, 1986, (1927).

HEIDEGGER Martin, *Questions II*, Paris, Gallimard, 1968.

HEIDEGGER Martin, *Science et méditation* dans Essais et conférences.

HEISENBERG Werner, *La nature dans la physique contemporaine*, Paris, Gallimard, 1962.

HEISENBERG Werner, *Physique et philosophie, La science moderne en révolution*, tr. de J. Hadamard, Paris, Albin-Michel, 1961.

HEISENBERG Werner, *La partie et le tout. Le monde de la physique atomique*. tr. P. Kessler, Paris, Albin Michel, 1972. Repris en collection « Champs », Flammarion, 1990.

HEGEL G.W. F., *Science de la logique. L'être*. Livre I, tr. B. Bourgeois, Paris, Vrin, 2015.

HENRI-ROUSSEAU Olivier, *Darwin et ses héritiers, au-delà des querelles*, Paris, Artège, 2009.

- HILDEGARDE DE BINGEN, *Le livre des œuvres divines*, (visions), Paris, Albin Michel, 1982.
- HILDEGARDE DE BINGEN, *Causae et curae*, Kaiser, Leipzig, 1903.
- HILDEGARDE DE BINGEN, *Sache les voies*, Paris, Cerf, 1995.
- HOGNESS D. S., COHN M. et MONOD J., “*Studies on the induced synthesis of Galactosidase in Escherichia coli: the kinetics and mechanism of sulfur incorporation*”, *Biochimica et biophysica Acta*, t. 16, 1955.
- HUNEMAN P., *Vie, vitalisme et émergence : une perspective contemporaine*. Fichier 58 en ligne.
- HUXLEY Julian, *L'évolution en action*, tr.fr. Par D. Luccioni, Paris, PUF, 1956 (1953).
- ISAYE Gaston, *L'affirmation de l'être et les sciences positives* (préface de J. LADRIERE ; textes présentés par M. LECLERC, s.j), « coll. Le sycomore », Paris/Namur, Lethielleux / P.U.N, 1987.
- JACOB F. et MONOD J., « *Gènes de structures et gènes de régulation dans la biosynthèse des protéines* », Paris, C.R. Acad. Sci., vol. 249, 1959.
- JACOB F. et MONOD J., *On the regulation of Gene Activity*, Paris, Service de Génétique microbienne et de biochimie Cellulaire, Institut Pasteur, 1961.
- JACOB et MONOD, “*Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins* ». *J. Mol Biol* 3, 1961.
- JACOB et MONOD, *In Cold Spring Harbor Symposium on quantitative Biology* 26, 389-40, p.390-391.
- JACOB François et MONOD J., « *Sur le mode d'actions des gènes et leur régulation* », Semaine d'étude sur le problème des macromolécules d'intérêt biologique, *Pontificae Academiae Scientiarum Scripta Varia*, Vol. 22, 1962.
- JACOB François., SUSSMAN R. et MONOD J., « *Sur la nature du répresseur assurant l'immunité des bactéries lycogènes* », *Comptes rendus Acad. Sci.*, t. 254, 1962, p. 4214-4216.
- JACOB François. « *Pour le 20è anniversaire de la mort de Jacques Monod* », Campus : le journal interne de l'Institut Pasteur, 1996.
- JACOB François, *La logique du vivant*, Tel, Paris, Gallimard, 1970.
- JACOB François, *Le modèle linguistique en biologie*, *Critiques*, p. 198, Mars 1974.
- JACOB François, *Le jeu des possibles*, Paris, Le livre de poche, 1986.
- JACQUARD Albert, *Hasard et génétique des populations in Le hasard aujourd'hui*, Paris, Seuil, 1991.
- JAEGER Lydia, *Croire et connaître : Einstein, Polanyi et les lois de la nature*, Léon d'Andran, éd. Excelsis, 1999.
- JAEGER Lydia, *Ce que les cieux racontent, la science à la lumière de la création*, Léon d'Andran, Nogent sur Marne, éd. De l'institut biblique, 2008.
- JAEGER Lydia, *Lois de la nature et raisons du cœur*, Berne, Peter Lang, 2007.
- JAEGER Lydia, *Pour une philosophie chrétienne des sciences*, Paris, Terre Nouvelle, 2000.
- JEANS James, *The Universe around us*, Cambridge University Press, 1929, *L'Univers*, traduit par G. Cros, Paris, Payot, 1930.
- JEANS James, *Science et musique*, tr. de l'anglais par J. Monod et F. Morin, Paris, Hermann, 1939.
- JONAS Hans, *Evolution et liberté*, Poche, Rivages Poche, Petite bibliothèque, n° 486, 2005.
- JONAS Hans, *Le principe responsabilité*, pour la traduction française le Cerf, 1990. (1979 éd. Allemande.)
- JORDAN Pascual, *la physique et le secret de la vie organique*, Paris, Albin Michel, 1959.
- KASTLER, Alfred, *Cette étrange matière*, Paris, Stock, 1979.
- KANT Emmanuel, *La Critique de la faculté de juger*, tr. Par Philonenko, Paris, Vrin, 1968. (1790).
- KANT Emmanuel, *Critique de la faculté de juger*, Vrin, 1968, (1790).

KANT Emmanuel, *Critique de la raison pure*, tr. Tremesaygues et Pacaud, Paris, Puf, 1980.

KAPLAN Francis, *Entre Dieu et Darwin. Le concept manquant*, éd du félin, 2009.

KIRK Raver et Schofield, *Les philosophes présocratiques*, Cambridge, 1957. Tr. H.A.de Weck, *Les philosophes présocratiques*, Paris-Fribourg, éd. Du cerf, Ed Universitaires de Fribourg, 1995.

KLEIN Etienne, *Discours sur l'origine de l'univers*, Paris, Flammarion, 2010.

KOSHLAND D.E., NEMETHY G. et FILMER D., *Biochemistry*, 5, 1966.

KUHN Thomas, *La structure des révolutions scientifiques*, tr. Laure Meyer, Paris, Champs Flammarion, 1983.

KUPIEC et al, *Le hasard au cœur de la cellule, Probabilités, déterminisme, génétique*, « collection Matériologique ». Paris, éditions Syllepse, 2009.

KUPIEC Jean-Jacques et SONIGO, Pierre., *Ni Dieu ni gène*, Paris, Seuil, 2000.

KUPIEC Jean-Jacques, L'influence de la philosophie d'Aristote sur l'élaboration de la théorie de l'évolution et sur la génétique, *Revue européenne des sciences sociales*, Tome XXXVII, 1999. En ligne.

L'Abbé Pierre, Lettre publiée dans *Faims et soifs des hommes*, n°13, fin février. *La Biologie moléculaire*. La Pléiade.

LADISLAS Robert, *le temps et sa flèche*, Paris, Flammarion, 1995.

LADOUS Régis, *Darwin, Marx, Engels, Lyssenko et les autres*, Paris, Vrin, 1984.

LAMARCK, *Philosophie zoologique*, (1809) tableau généalogique du Règne animal, préface A. Pichot, Paris, Garnier Flammarion, Philosophie, 1994 (1809).

LAMBERT Dominique, *Sciences et théologie. Les figures d'un dialogue*, éd Lessius, diffusé au Cerf, Presses universitaires de Namur, 1999.

LAMBERT Dominique, « Teilhard et la bible », Namur, Bible et sciences, 2002.

LAMBERT Dominique et REZSOHAZY René, *Comment les pattes viennent au serpent ? Essai sur l'étonnante plasticité du vivant*, Paris, Flammarion, 2002.

LA METTRIE (de) Julien Offray, *L'homme machine*, éd. P.- L. Assoun, Denoel/Gonthier, Paris, 1981. pp. 126-129.

LANGE Friedrich Albert, *Histoire du matérialisme et critique de son importance à notre époque*, Paris, éd. Hachette livre, BNF, 1879.

LAPLACE Pierre-Simon, *Essai philosophique sur les probabilités*, éd. Des « Maitres de la pensée scientifique », Paris, Gauthier-Villard, 1921. [1814].

LAPLANE, Dominique, *la mouche dans le bocal, essai sur la liberté de l'homme neuronal*, Paris, Plon, 1987.

LARGEAULT Jean, *Principes de philosophie réaliste*, Paris, Klincksieck, 1985.

LAUGIER Sandra et WAGNER P., *Philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 2004.

LE PICHON, Xavier, *Aux racines de l'homme : de la mort à l'amour*, Paris, Presses de la Renaissance, 1997.

LEIBNIZ G.W., *Discours de métaphysique*, Paris, Vrin, 1983, [1686].

LEIBNIZ G.W., *Principes de la nature et de la grâce*, Monadologie, Paris, Flammarion, 1996 [1712].

LEIBNIZ, *De rerum originatione radicali*, Opuscula philosophica selecta, éd. Schrecker, Boivin et Cie, Paris, 1939.

LEJEUNE Jérôme, Conférence *La foi dans la science*, Paris, p. 2, en ligne.

LENA Pierre, *Sur les traces du vivant, de la terre aux étoiles*, Paris, le Pommier, 2002.

LEROI- GOURHAN André, *Les racines du monde*, LGF, 1991.

LE RU Véronique, *La nature miroir de Dieu. L'ordre de la nature reflète-il la perfection du créateur ?* Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences, Paris, Vuibert, 2009.

LESTIENNE Rémy, *Le hasard créateur*, Paris, La découverte, 1993.

LEVINAS Emmanuel, *Altérité et transcendance*, livre de poche, Fata Morgana, 1995.

LEVINAS Emmanuel, *Entre nous*, Paris, le livre de Poche, Grasset, 1991.

LEVINAS Emmanuel, *Totalité et infini*, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, Londres, La Haye, 1980 [1961].

L'HERITIER Philippe, *Traité de génétique*, Paris, Masson, 1975. (PUF, 1954).

LUCRECE, *De la nature des choses*, traduction Bernard Pautrat, Paris, Livre de Poche, les classiques de la philosophie, 2002.

LUCRECE, *De la nature*, traduction Alfred Ernout, Paris, « Les belles lettres », 1941.

LURIA Salvador E. *La vie, expérience inachevée*. Traduit de l'américain par Christian Carlier, Paris, Puf, 1975.

LWOFF André ET MONOD J., *Essai d'analyse du rôle de l'anhydride carbonique dans la croissance microbienne*, Paris, Annales de l'Institut Pasteur, 1947.

LWOFF André et ULLMANN Agnès, *Hommage à Jacques Monod. Les origines de la biologie moléculaire*, « Collection Academic Presse », Paris, Editions Etudes Vivantes, 1980.

LWOFF André, *L'ordre biologique*, Bibl. Marabout Université, 1970.

MALATERRE C. et MERLIN F., *Les mondes darwiniens, l'évolution de l'évolution*, Paris, Syllepse.

MALDAME Jean-Michel, *Le christ et le cosmos*, Paris, Desclée, 1993.

MALECOT et J. PARAIN VIAL, *Peut-on justifier une métaphysique par les résultats de la science ? Etudes philosophiques*.

MALHERBE Jean-François, *Karl Popper et Claude Bernard*, *Dialectica*, vol. 35, p. 373-388, déc. 1981.

MARITAIN, *Approches sans entraves*, Paris, Fayard, 1973.

MARITAIN Jacques, *La philosophie de la nature*, essai critique sur ses frontières et son objet, Paris, Téqui, 1935.

MARTIN-LAGARDETTE Jean-Luc, *Evolution et finalité, Darwin, Monod, Dieu*, Paris, l'Harmattan, 2009.

MASON Stephen Finey, *Histoire des sciences* (traduit de l'anglais par M. Vergnaud), Paris, Armand Colin, 1956.

MAURY Jean-Pierre, *Une histoire de la physique sans les équations*, Paris, Vuibert, 2000.

MAXWELL, Conférence présentée devant la *British Association* de Bradford, *Nature*, vol. VIII, 25 sept. 1873, 437-441.œuvres, II, 361-378.

MAXWELL, *Traité de la chaleur*, Paris, éd. Tignol, 1891.

MAYR Ernst, *Populations, espèces et évolution*. Paris, Traduit par Yves Gui, Hermann, 1974.

MAYR Ernst, *Après Darwin. La biologie, une science pas comme les autres*, tr. Fr. Axelle Partaix, Paris, éd. Dunod, 2006.

MAYR Ernst, *Histoire de la biologie, diversité, évolution, hérédité*, « le temps des sciences », tr. fr. Marcel Blanc, Paris, Fayard, 1989.

MAYR Ernst, « Cause and effect in biology » *Science*, New series, vol. 134, n°3489 (nov. 10) pp. 1501-1506, 1961.

MEDVEDEV, Jaurès, *Grandeur et chute de Lyssenko*, préface de J. Monod, traduit de l'édition anglaise par Pierre Martory, Paris, Gallimard, 1971.

MENDELEEV D. I., The periodic law of the chemical elements, p.160-182, in GIBSON C. S and GREENWAY A. J., *Faraday lectures, 1869-1928*(London chemical society, 1928).

MEHLER J. et DUPOUX E., *Naître humain*, Paris, Odile Jacob, 1990.

MERLIN, Francesca, *Le hasard et les sources de la variation biologique : analyse critique d'une notion multiple*, thèse en 2009.

MERTON R., *The normative Structure of Science, the sociology of science*, Chicago: Chicago University Press, 1942, réédité en 1973.

MEYER Philippe, *L'œil et le cerveau, bio-philosophie de la perception visuelle*, Paris, Odile Jacob, 1997.

MEYER Stephen C., *Signature in the Cell*, Harper One, 2009.

MEYERSON Emile, *Identité et réalité*, Paris, Vrin, 5è édition, 1951.

MEYERSON Emile, *L'explication dans les sciences*, Paris, Fayard, 1995.

MICHEL Aimé, *La clarté au cœur du labyrinthe*, Suisse, éd. Haldane. Cointrin.

MICHEL Pierre-Henri, *De Pythagore à Euclide*, Les belles lettres, Paris, 1950.

MILLER Kenneth R., *A la recherche du Dieu de Darwin*, Paris, Presses de la Renaissance, pour la traduction française, 2009.

MONOD Jacques, CHATTON E., et LWOFF A. *La formation de l'ébauche buccale postérieure chez les ciliés en division et ses relations de continuité topographique et génétique avec la bouche antérieure*. Séance du 8 mai 1931. Société de biologie de Strasbourg.

MONOD Jacques, Fonds Monod, Conférence Nobel, prononcée le 11 Décembre 1965.

MONOD Jacques, Cahier Cistre, Paris, éd. L'âge de l'homme, 1978.

MONOD Jacques (note de), « sur la mise en évidence du gradient axial chez les Infusoires ciliés par photolyse à l'aide des rayons ultraviolets. » *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. 1933.

MONOD Jacques, *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*. Thèse publiée en 1942 et rééditée en 1958. Paris, Hermann.

MONOD Jacques et MORIN François, *Sur l'expression analytique de la croissance des populations bactériennes*. Notes scientifiques, 1942.

MONOD Jacques, « Communication sur la non-additivité d'action de certains enzymes bactériens. » Séance du 1^{er} juillet 1943. *Annales de l'Institut Pasteur*, 71, pp. 37-40.

MONOD Jacques, « Communication sur la nature du phénomène de diauxie. » Séance du 2 décembre 1943. *Annales de l'Institut Pasteur*. p.37-40.

MONOD Jacques, « Sur une mutation spontanée affectant le pouvoir de synthèse de la méthionine chez une bactérie coliforme. » *Annales de l'Institut Pasteur*. 1946.

MONOD Jacques, « The phenomenon of Enzymatic Adaptation and its Bearings on Problems of Genetics and Cellular Differentiation », *Growth symposium*, vol. 11, 1947, pp. 223-289.

MONOD Jacques, « Facteurs génétiques et facteurs chimiques spécifiques dans la synthèse des enzymes bactériens. » *Service de Physiologie microbienne, Institut Pasteur*, 1949.

MONOD Jacques, « *Adaptation, mutation and segregation in the formation of bacterial enzymes.* » Paris, *Institut Pasteur*, 1950.

MONOD Jacques et JACOB F. « Sur le mode d'action des gènes et leur régulation. » *In semaine d'étude sur le problème des macromolécules d'intérêt biologique*. Rome, *Académie pontificale des sciences*. pp.85-95. MCMLXII, 1962.

MONOD Jacques, et COHN, Melvin, « La biosynthèse induite des enzymes (adaptation enzymatique) » *Advances in Enzymology*, XIII, 1952.

MONOD Jacques et COHN Melvin, « Sur le mécanisme de la synthèse d'une protéine bactérienne, » Institut supérieur de la santé. Rome, 1953.

MONOD Jacques *Notes inédites*, le fonds Monod, archives de l'Institut Pasteur, sept 1953.

MONOD Jacques, *La Cybernétique enzymatique*, juin-juillet 1959, document dactylographié inédit, Paris, archives de l'Institut Pasteur, 1959. -178p.

MONOD Jacques, « Notebook 1 », *Archives de l'Institut Pasteur, fonds Monod*, 1959.

MONOD Jacques, PERRIN, SANCHEZ, *C.R. Hebd. Séances Acad. Sci.*, vol. 250, 1960, p. 1727-1729.

MONOD Jacques et JACOB, « Sur le mode d'action des gènes et leur régulation », p. 6, Rome, 1962.

MONOD Jacques, "Allosteric proteins and cellular control systems", *J. Mol. Biol.* **6**, 306-329, 1963.

MONOD Jacques, JACOB F., ULLMANN A. « Le promoteur, élément génétique nécessaire à l'expression d'un opéron ». *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 258, pp.3125-3128, 1964.

MONOD Jacques, WYMAN J.P. et CHANGEUX J.P., "On the nature of allosteric transitions: A plausible model." *J. Mol. Biol.*, **12**, 1965, pp. 8-118.

MONOD, Jacques, *Conférence Nobel de J. Monod*, « From enzymatic adaptation to allosteric transitions », *Science*, t. 154, 1966, pp. 475-483.

MONOD Jacques, (et Lettre d'Althusser à Monod) Réponse de Monod à Althusser du 30 janvier 1968, aux *Archives de l'Institut Pasteur*.

MONOD Jacques, « *On symmetry and function in biological systems, in Symmetry and function of biological Systems, at the macromolecular Level* », *Nobel Symposium* n°11, 1968. tr. franc dans FANTINI B., *Jacques Monod, pour une éthique de la connaissance*, Paris, La découverte, 1998, pp.125-137.

MONOD Jacques, Cours au Collège de France 1969-1970. (10 chapitres- 200 pages). *Archives de l'Institut Pasteur*.

MONOD Jacques, "On values in the Age of Science", in "The place of value in a world of facts", *Nobel Symposium* 14. Collège de France et Institut Pasteur, 1969.

MONOD Jacques, « Sur l'affaire Lyssenko », *Archives de l'institut Pasteur*, 70 feuillets des années 1970, *MON Pol.1, 1970*. -68p.

MONOD Jacques, *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil, coll. Points, 1970.

MONOD Jacques, « L'évolution microscopique » p. 303 dans *Theoria to theory*, vol.10, n°4, 1977.- pp. 307-308.

MONOD Jacques, JACOB, PERRIN, SANCHEZ, « l'opéron : groupe de gènes à expression coordonnée par un opérateur », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* 2005, 328, Gallica, pp. 514-520.

MONOD, Jacques, Préface au livre de Mayr, *Populations espèces et évolutions*, Paris, Hermann, 1972.

MONOD, Jacques, Préface au livre de Medvedev, *Grandeur et chute de Lyssenko*, Paris, Gallimard, 1971 p.9-11.

MONOD, Jacques, Préface au livre de Popper, *la Logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1973.

MONOD Jacques, « Quelques réflexions sur les relations entre structures et fonctions dans les protéines globulaires. » *Année biologique* 4, pp. 231-140.

MONOD Jacques, « De la biologie moléculaire à l'éthique de la connaissance. Leçon inaugurale » du 3 novembre 1967 au Collège de France. » Extrait de la revue *L'âge des sciences*, n°1, janv. -mars 1968, Dunod.

MORANGE Michel, « Le concept de gène régulateur » dans *Histoire de la génétique : pratiques, techniques, théories*. p. 271-291.

MORANGE Michel, « L'œuvre scientifique de Jacques Monod », *Fundamenta scientiae*, 1982, vol. 3.

MORANGE Michel, *Histoire de la biologie moléculaire*, Paris, La découverte, 1994.

MORANGE, Michel, *La part des gènes*, Paris, Odile Jacob, 1998.

MORANGE, Michel, « Georges Canguilhem en son temps et la biologie du XX^e siècle », *Revue d'histoire des sciences*, janv. -mars 2000, vol. 53 n°1, Paris, Puf.

MORANGE Michel, *Histoire de la biologie moléculaire*, Paris, La Découverte, 2003. (1994).

MORANGE Michel, *La vie expliquée 50 ans après la double hélice*. Paris, Odile Jacob, 2003.

MORANGE Michel, *La vie, l'évolution et l'histoire*, Paris, Odile Jacob, 2011.

MORANGE Michel, *Le hasard et la nécessité 40 ans après*. Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie, Paris, éd Kimè, 2010.

MORANGE Michel, *Les secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*, Paris, La découverte, 2012.

MORANGE Michel, dans *Raison présente, Réduction et émergence dans les sciences*, n°191, 3^e trimestre 2014, « Réductionnisme et émergence en biologie ».

MOREL P.M., *Atome et nécessité. Démocrite, Epicure, Lucrèce*. « Philosophies », Paris, Puf, 2000.

MORIN Edgar, *Complexité restreinte, complexité généralisée*, Colloque « *Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique* », Cerisy-la-Salle, 2005.

MORIN Edgar, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, Seuil, 2005.

MURDOCH Iris, *La souveraineté du bien*, traduit par Cl. Pichevin, éd. de l'éclat, 1994.

MURPHY Nancy et STOEGER William, *Evolution ans emergence, systems, organisms, persons*, Oxford university, Press, 2007.

NADDAF Gérard, *Le concept de nature chez les présocratiques*, tr. B. Castelnérac, Klincksieck, 2008.

NAGEL Ernest, *The structure of Science*, Londres, 1961.

NEWTON I. [1704], *Traité d'optique*, Paris, Gauthier-Villard, 1955.

NODE LANGLOIS Michel, *Le vocabulaire de saint Thomas d'Aquin*, Paris, Ellipses, 1999.

NOREL Guy, *Histoire de la matière et de la vie. Les transformations de l'énergie et l'évolution*, Paris, Maloine, 1984.

NOUVEL Pascal, *Actualités et postérités de Gaston Bachelard*, Paris, Puf, 1997.

NOUVEL Pascal et LIBIS Jean, *Gaston Bachelard : un rationaliste romantique*, Dijon, éd. Universitaires de Dijon, 2002.

NOUVEL Pascal, *Philosophie des sciences*, Paris, Puf, 2011.

NEF Frédéric, *Qu'est-ce que la métaphysique ?* Paris, Gallimard, Folio Essais, 2004.

NOTTALE Laurent, CHALINE Jean et GROU Pierre, *Des arbres de l'évolution*, Paris, Hachette, 2000.

PARAIN-VIAL Jeanne, *Philosophie des sciences de la nature*, Paris, Klincksieck, 1983.

PARAIN-VIAL Jeanne, *Philosophie des Sciences de la nature*, Paris, Klincksieck, 1983.

PARDEE B., F. JACOB et J. MONOD, "The genetic control and cytoplasmic expression of inducibility" in the synthesis of B Galactosidase by E. Coli", *Journal of Molecular Biology*, 1, 1959.

PASCAL Blaise, *Œuvres complètes*, présentation Lafuma, Paris, éd. Du Seuil, 1963.

PATTEE H., *La vie peut-elle expliquer la mécanique quantique ? Quantum Theory and Beyond*, Ted Bastin, ed. Cambridge University Press, 1971.

PAULING Linus, *The Nature of the Chemical Bound, and the Structure of Molecules and Crystals*, Ithaca, Cornell University Press, 1939; 3è éd.1960.

PEACOCKE Arthur, *God and the new Biology*, San Francisco, Harper & Row, 1986.

PELT Jean-Marie, *De l'Univers à l'être*, Paris, Livre de poche, 1996.

PERRIN Jean, *Les atomes*, Paris,1913 ; repr. PUF, Paris 1948 ; Gallimard, Idées, 1970 ; Alcan, 1921.

PERRU Olivier, *Le vivant : approches pour aujourd'hui*, Paris, Cerf, 2005.

PICHOT André, *Histoire de la notion de vie*, Paris, Gallimard, 1993.

PICHOT André, *Histoire de la notion de gène*, Paris, Flammarion, champs, 1999.

PICHOT André, *Expliquer la vie : de l'âme à la molécule*, Quae, 2011.

PICQ Pascal, *Les origines de l'homme, l'odyssée de l'espèce*, Paris, Tallandier, 1999.

PITTENDRIGH C.S., *Behaviour and Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1958.

PLANCK M. *L'image du monde dans la physique moderne*, Gonthier, Coll. médit, 1963 p.

PLANTIGA Alvin, *Where the conflict really lies: science, Religion, & naturalism*, Oxford University Press, 2011.

PLANTIGA Alvin, *The Nature of Necessity*, Oxford, Oxford UP, 1974.

PLATON, *La république* (IV-VII), « Les belles lettres », Paris, tr. Chambry, 1949.

PLATON, *Phédon*, tr. Chambry, Paris, Garnier-Flammarion, 1965.

PLATON, *Le Timée*, tr. Chambry, Paris, Garnier-Flammarion, 1969.

PLATON, *livre X des lois*, « la Pléiade », Paris, Gallimard, 1950.

POINCARÉ Henri, *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion, 1943.

POINCARÉ Henri, *Calcul des probabilités*, Gauthier Villars, 1912, source gallica.bnf.fr.

POINCARÉ Henri, *Science et méthode*, Paris, Flammarion, 1920 (1908).

POLANYI Michaël, *La logique de la liberté*, Paris, Puf, Libre échange, traduit par Philippe Nemo 1989. (1951)

POLANYI Michaël, *Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy*, London, Routledge & Kegan Paul, 1963; corr. ed.1962; paperback 1973.

POLANYI Michael, “*Life’s Irreducible Structure*”, *Science* 160 (1968).

POLKINGHORNE J., *One world: the interaction of science and theology*, Press, Princeton University, 1987.

POPPER Karl, *La logique de la découverte scientifique* ; traduit de l’allemand par Nicole Thyssen-Rutten et Philippe Devaux. Préface de J. Monod p.4, Paris, Payot, 1973.

POPPER Karl. *La quête inachevée*. tr. fr. Renée Bouveresse, 1981, « Agora Pocket », Paris Calmann-Lévy, 1981.

POPPER Karl, *La société ouverte et ses ennemis*, Paris, Seuil, 1979.

POPPER Karl, *L’univers irrésolu. Plaidoyer pour l’indéterminisme*. tr. Renée Bouveresse Paris, Hermann, 1984.

POPPER Karl, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, tr. Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999.

POPPER Karl, *Un univers de propensions, deux études sur la causalité et l’évolution*, tr. Alain Boyer, Combas, l’éclat., 1992.

POPPER Karl, *La connaissance objective*, éd. Complexe, tr. Catherine Bastyns, SPRL, 1985.

PRIGOGINE Ilya et Isabelle STENGERS, « Hasard et Nécessité », in *Encyclopedia Universalis*, Symposium 1990, t. I p. 7.

PRIGOGINE Ilya et STENGERS Isabelle, *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*. p. 170-173 et p. 190 -195, Paris, Gallimard, 1979. Commentaire et critique *du Hasard et de la Nécessité, La Nouvelle Alliance*, p.170 et p.190.

PRIGOGINE, Ilya et STENGERS, Isabelle, *la Nouvelle Alliance*, « Folio essais », Paris, Gallimard, 1979.

PROCHIANTZ Alain, (dir.), *Darwin, 200 ans*, Paris, Odile Jacob, Sciences, 2010.

PROCHIANTZ Alain, *Anatomie de la pensée, Machine-esprit*, Paris, Ed. Odile Jacob, Sciences, 2001.

RABISCHONG P., « The concept of Evolution in Biology », Proceedings of the international Conference « *A scientific Critique of Evolution* », Rome, La Sapienza University, 3 nov 2008.

RABISCHONG Pierre, *Le Constructeur*, Books on Demand, 2013.

RATZINGER Joseph, *Au commencement Dieu créa le ciel et la terre* (traduit sous la direction du cardinal E. Gagnon), Paris, Fayard, 1986.

REVOL Fabien, *Le temps de la variation*, Paris, Le Cerf, 2015.

RICARD Jacques, *Pourquoi le tout est plus grand que la somme de ses parties ? Pour une approche scientifique de l’émergence*, « visions des sciences », Paris, Hermann, 2008.

RICARD Katy, « *Teilhard, visionnaire de la science du XXème siècle* », *Etudes*, Juillet 2004.

ROBERT Jean-Dominique, *Approche contemporaine d’une affirmation de Dieu, Approche contemporaine d’une affirmation de Dieu. Essai sur le fondement ultime de l’acte scientifique* (préface de D. DUBARLE, o. p), Paris, Desclée, 1962.

ROBIN Léon, *La pensée grecque et les origines de l’esprit scientifique*, Paris, Albin Michel, 1923.

ROUVIERE Henri, *L’énergie vitale*, Paris, Masson, 1952.

ROUX Sophie, thèse intitulée *La philosophie mécanique, 1630-1690*, 1996. (Sur le principe d’inertie p.127-133).

RUELLE David, *Hasard et chaos*, « Sciences », Paris, Odile Jacob, 1991.

RUSS Jacqueline, LEGUIL Clotilde, *La pensée éthique contemporaine*, Paris, Puf, 2012.

RUYER Raymond, *La Cybernétique et l’origine de l’information*, Paris, Flammarion, 1954.

RUYER Raymond, *La genèse des formes vivantes*, Paris, Flammarion, 1956.

RUYER Raymond, *Le néo-finalisme*, Paris, Puf, 1952.

SAGET Hubert, *La finalité des déterminismes biologiques*, Ed AGEMP, 1966.

SAGET Hubert, *L'essor de la biologie moléculaire (1950-1965)*, Paris, CNRS, 1978.

SALEM Jean, *Démocrite, grain de poussière dans un rayon de soleil*. Histoire de la philosophie, Paris, Vrin, 1996.

SALEM Jean, *Les atomistes de l'antiquité, Démocrite, Epicure, Lucrèce*, « Champs essais », Paris, Flammarion, 2013.

SALEM Jean, *La légende de Démocrite*, Paris, éd. Kimé, 1996.

SALET Georges, *Hasard et certitude. Le transformisme devant la biologie actuelle*, éd. Saint-Edme, 1972. Lettre d'un mathématicien à un biologiste, p. XXXVII.

SARTENAER Olivier, *Définir L'émergence*, Revue des questions scientifiques, 2010.

SARTRE Jean- Paul, *L'existentialisme est un humanisme*, Paris, Gallimard, 1996. (1945).

SARTRE Jean-Paul, *L'être et le néant*, Paris, Gallimard, 1943.

SCHINN Terry, *Géométrie et langage : la structure des modèles en sciences sociales et en sciences physiques* ; and W.H Leatherdale, *The role of analogy, Model and metaphory in science*, Amsterdam, North Holland, 1974. [New York, 1911, XVII, 638-640]

SCHOFFENIELS E., *L'Anti-Hasard*, « Discours de la méthode », Paris, Gauthier-Villard, 1973.

SCHÖNBORN Christophe, *Hasard ou plan de Dieu ? La création et L'évolution vues à la lumière de la Foi et de la raison*, Paris, cerf, 2007.

SCHRÖDINGER, *Qu'est-ce que la vie ?* Points, 1986 (1944).

SCHOTTE Jean-Claude, *La raison éclatée, pour une dissection de la connaissance*, Préface de J. Ladrière, Bruxelles, De Boeck Université, 1997.

SENTIS L., Conférence *sur Idéologie du hasard et foi chrétienne*, 20 Mars 2010, en ligne.

SERRES Michel, *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989.

SERTILLANGES A. D., *L'idée de création et ses retentissements en philosophie*, Paris, éd. Aubier, 1945.

SERTILLANGES, *L'idée de création*, Annales de l'institut supérieur de philosophie, Tome IV, Louvain, 1920.

SHELDRAKE Rupert, *A new science of life, The hypothesis of formative causation*, Blond and Briggs, London, 1981.

3^{ème} édition, Iconbooks, London, 2009.

SHUBIN Neil, *Au commencement était le poisson*, Paris, éd. Robert Laffont, 2009, (2008).

SIGGEN Michel, *La science a-t-elle réponse à tout ?* Paris, Edifa- Mame, 2007.

SIMON Pierre-Henri et Jacques Monod, *Face à face, Atomes*, n° 268 de sept 1969.

SIMON Pierre-Henri, *Questions aux savants*, Paris, Seuil, 1969.

SIMPSON G.G., *Rythmes et modalités de l'évolution*, Paris, Albin Michel, 1950.

SIMPSON G.G., *L'évolution du processus évolutif*, Paris, Flammarion, 1971.

SIMPSON G. G., *L'évolution et sa signification. Une étude de l'histoire de la vie et de sa signification humaine*, Paris, Payot, 1951. (*The meaning of Evolution*, Yale University, 1967.)

SOLJENITSYNE A, *Le déclin du courage*, Paris, Seuil, 1978.

SOULIER Jean-Pierre, *Jacques Monod, le choix de l'objectivité*, Paris, Frison Roche, 1997.

SOULIER Jean-Pierre, *Le choix de l'objectivité*, éd. Frison-Roche, 1997.

SOUTIF Michel, *Naissance de la physique de la Sicile à la Chine*, EDP sciences, 2002.

SPAEMANN, Robert, dans *La finalité en question*, « téléologie et téléonomie » (collectif sous la direction de Michel Bastit et Jean-Jacques Wunenburger), Paris, l'Harmattan, Conscienciences, 2000.

SPERRY, Roger Wolcott, (1969) in *Brain Circuits and Functions of the Mind*, Cambridge University Press, Cambridge. Y., 1990.

SPERRY R, *Science and Moral Priority: merging Mind, Brain, and human values*, Convergence Series, Columbia University Presse, 1983.

SPINOZA, *L'Ethique*, Paris, Vrin, 1977.

STADTMAN E.R., *Allosteric regulation of enzyme activity*, *Advances in enzymology*, 28, (1966).

Standford encyclopedia of philosophy. En ligne.

STANLEY Steven, *Macroevolution*, San Francisco, W.H. Freeman, 1979.

SWINBURNE Richard, *La probabilité du Théisme*, tr. par P. Clavier, Paris, Vrin, 2015.

SWINBURNE Richard, *Y a-t-il un Dieu ?* tr. par P. Clavier, Ithaque, 2009 (1996).

SWINGEDAUF, *A l'origine de la vie, le hasard ?* Paris, O.E.I.L., 1990.

SWINGEDAUF, *La vie ne peut pas être le fruit du hasard*, Paris, O.E.I.L., 1991.

SZILARD Léo (1929) *Z. Physik*, 53, 840.

TADDEI F., MATIC Ivan et RADMAN Miroslav, « SOS génome : réparation et évolution », *Pour la science*, n°63, « L'évolution, rien ne l'arrête », avril-juin 2009. p.42-50.

TATTERSALL Ian, *L'émergence de l'homme*, essai sur l'évolution et l'unicité humaine, Paris, Gallimard, 1999.

TEILHARD, *Le phénomène humain*, Paris, Seuil, 1955.

TEILHARD, *Œuvres complètes*, Paris, Seuil, 1949.

THOM René, *Halte au hasard, silence au bruit dans La querelle du déterminisme*, le débat, Paris, Gallimard, 1990.

THOMAS d'AQUIN (saint), *Somme contre les gentils*, II, *La création* et III, *La providence*, Paris, Flammarion, 1999.

THOMAS d'AQUIN (saint), *Somme Théologique*, [1266-1273 éd. 1485], Paris, Le Cerf, 1986.

THOMAS d'AQUIN (saint), *De potentia*, q.5, art.1, resp.ad 2, *Quaestiones disputatae*, éd P. M. Pession, Turin, Rome, Marietti, 1953, vol. II.

D'ARCY Thompson, *Forme et croissance*, Paris, CNRS et Ed. Du Seuil, 1994.

THUILLIER Pierre, *Les origines de l'antiscience*, dans *Les passions du savoir*, pp.234-257.

TIRARD S. « *Les biologistes français et l'affaire Lyssenko, à l'automne 1948* », *Historiens et géographes*, 1997, n°358, pp.95-105. (Archives Institut Pasteur).

TRESMONTANT, Claude, *Comment se pose aujourd'hui le problème de l'existence de Dieu ?* Paris, Seuil, 1966. Et supplément de 1971.

TRESMONTANT Claude, *Sciences de l'Univers et problèmes métaphysiques*, Paris, Seuil, 1976.

TRESMONTANT Claude, *Essai sur la connaissance de Dieu, les problèmes de l'athéisme*, Paris, éd. Du Cerf, 1959.

TRESMONTANT Claude, *La question du miracle*, Paris, éd. Du Seuil, 1992.

TRESMONTANT Claude, *Le bon et le mauvais, Christianisme et politique*, Paris, éd. Œil, 1996.

TRESMONTANT Claude, *Le problème de l'âme*, Paris, éd. Du Seuil, 1971.

TRESMONTANT Claude, *La mystique chrétienne et l'avenir de l'homme*, Seuil, 1977.

TRESMONTANT Claude, *La question de l'immortalité de l'âme*, Paris, François-Xavier de Guibert, 1996.

VAN INWAGEN Peter, *La métaphysique*, tr. Pierre Alexandre Miot, Paris, Ithaque, 2017.

VAUTHIER, Jacques., *Créationnisme, dessein intelligent, darwinisme... Et la science dans tout ça ?* Paris, F. X. de Guibert, 2010.

VAUTHIER, J., *Lettre aux savants qui se prennent pour Dieu*, Paris, Criterion, 1991.

VERNEAUX Roger, *Critique de la critique de la raison pure*, Paris, Aubier Montaigne, 1972.

VERNES, Jean-René, *Le principe de Pascal-Hume et le fondement des sciences physiques*, Paris, L'Harmattan, 2005.

VERNET Dr, Maurice *Le problème de la vie*, Paris, Plon, 1948.

VERNET Dr, Maurice, *L'âme et la vie*, Paris, Flammarion, 1955.

VERNET Dr, Maurice, *La vie et son mystère*, Paris, Grasset, 1958.

VIALLETON Louis Marius, *L'Origine des êtres vivants, l'illusion transformiste*, Paris, Plon et Nourrit, 1930.

VILLOUTREIX, P. Conférence de 2013 au Centre Cavaillès, dans le groupe de travail « Hasard-réductionnisme-holisme », de l'Institut des Systèmes Complexes, Paris Ile de France.

VUILLEMIN Jules, *Nécessité ou contingence* (sur la nécessité conditionnelle bien vue par Aristote). *Nécessité ou contingence. L'aporie de Diodore Cronos et les systèmes philosophiques*, Paris, Minuit, 1984.

WYMAN, CHANGEUX et MONOD, *On the Nature of allostériques transitions : a plausible model*, *J. Mol. Biol.* Mol.12, 88-118.

WEINBERG Steven, *Le rêve d'une théorie ultime* (traduit de l'américain par J.-P. MOURLON avec la collaboration de J. BRICMONT), Paris, Odile JACOB, 1997.

WHEWELL William, *History of the inductive sciences* (3^{ème} éd. 1957), Londres, Franck Cass and co, 1967.

WOJTYLA Karol, *Personne et acte*, tr. Aude Suramy, Parole et silence. 2011, [1980],

REVUES ET PERIODIQUES, et ARTICLES :

Colloque de Royaumont, *l'unité de l'homme*, Paris, Le Seuil, 1976.

« 18 Novembre 1970 ». Radioscopie. Jacques Chancel, Paris, Robert Laffont, 1971.

AMEISEN, Jean-Claude, « Entre gènes et environnement » p. 88 dans le n° 63, « L'évolution, rien ne l'arrête », *Pour la science*, 2009.

J. BARRICK et R. BREAKER, « Les ARN aux commandes. » p. 42, « L'hérédité sans gènes », Dossier *Pour la science*, n°81, oct-déc. 2013.

« Aspects du développement en biologie au 20^è siècle », publié par le CIRPLES.

Cahiers Cistre, *Monod*, éd. L'Age d'homme, 1978.

CNRS n°124, Marseille 23-27 juillet 1963, éd. CNRS 1965 pp.285-295.

Entretien avec J Monod. Cahiers Cistre, 4, Lausanne. L'âge d'homme 1971.

Entretiens avec J Monod, Nouvel Observateur du 2 nov 1970.

EXPRESS, 5-11 mars 1973, pp. 126-150 consultable aux archives de L'institut Pasteur.

FANTINI, GRMEK, « Le rôle du hasard dans la naissance du modèle de l'opéron », *Revue d'histoire des sciences*, 1982, 35(3) pp. 193-215.

KUPIEC, Jean-Jacques, « L'ADN entre hasard et contraintes » *Pour la science* n°385 novembre 2009. p. 88-95.

KUPIEC, Jean-Jacques, *La Recherche*, octobre 2009, n° 434.

« L'évolution, rien ne l'arrête. » *Pour la science*, n°63 Avril-Juin 2009

LELONG B, « Personne n'a découvert l'électron », *La Recherche* 303, 1997.

MAYR, "Cause and effect in biology", *Science*, New Series, vol. 134, n°3489, nov. 10, 1961, P. 1501-1506.

MONOD J., "Notes de bas de pages", *MON, Mss. 02, Archives de l'institut Pasteur*, p. 1 à 10., publiées au printemps 1977, dans "Prospective et santé", n°1, Hommage à Jacques Monod, p.11-12.

Entretien avec J. MONOD, *Le Journal Français*, n°42, 1971.

MORANGE Michel, « Un retour au vitalisme ? », *Revue du comité pour l'histoire du CNRS*, tome II n°2, 2013.

MORANGE, Michel (sous la direction de), « Les mousquetaires de la nouvelle biologie : Monod, Jacob, Lwoff », *Pour la science*, février-mai 2002.

Pour la science, oct-déc. 2013, p.42, article de Pour les acquis récents sur le ribosome, consulter le *Pour la science*, « L'hérédité sans gènes. », 2014, p.45.

Revue Nature, vol. 172 du 12 décembre 1953.

SARTENAER Olivier, « La vie dans la matière : repenser la controverse entre vitalisme et matérialisme. », *Revue philosophique*, Klesis, 2013.

VAUTHIER Jacques, « Duns Scot et la métaphysique de l'aléatoire. »

VAUTHIER Jacques, « Le hasard dans la mathématisation du réel. »

Par ordre chronologique :

« Le sens de la vie. La finalité dans les sciences. » *Sciences et Avenir*. Hors-série, n°124. Oct. nov. 2000.

« Le Dieu des savants. » *Sciences et Avenir*. Hors-série. N°137 déc. 2003-janv. 2004.

« Hasard et incertitude. » *Pour la science* n°385, nov. 2009.

« L'évolution, rien ne l'arrête, n°63, avril-juin 2009.

« L'hérédité sans gènes ». Dossier hors- série *Pour la science* n° 83, oct-déc. 2013.

« Où va la physique ? » Dossier *Pour la science* n°85, oct-déc.2014.

« L'odyssée humaine », *Pour la science*, n°445, nov. 2014.

Résumé

Après une présentation des découvertes scientifiques de Monod en matière de biologie moléculaire, en particulier les gènes régulateurs dans l'opéron et l'allostérie, puis l'exposé de l'interprétation philosophique de Monod sur ces apports scientifiques, par la mise en avant des principes du hasard et de la nécessité, nous tentons de tirer au clair ce qui, chez Monod, relève du matérialisme scientifique proprement dit, car relevant d'un principe méthodologique de stricte objectivité, et ce qui relève de choix métaphysique. Cette distinction est fondamentale car il faut montrer que le matérialisme scientifique n'est pas exclusif de toute métaphysique. Il peut contribuer, au contraire, à manifester la pertinence d'un certain niveau d'analyse qui, loin d'exclure d'autres niveaux d'analyse, les permet. Ceci répond à l'exigence d'opérer les distinctions nécessaires pour mettre chaque investigation rationnelle à sa place, sans confusion ni empiètement des niveaux de recherche.

Mots clés

Téléonomie, hasard, nécessité, postulat d'objectivité, éthique de la connaissance, biologie moléculaire.

Abstract

First, we give a presentation of Monod's scientific discoveries as regards molecular biology, particularly the regulator genes in operon and allostery. Then we will present Monod's philosophical interpretation concerning those scientific contributions by the setting in front of the principles of the chance and necessity. We try to draw with light what depends on strict scientific materialism because depending on a methodological principle of strict objectivity, and what depends of metaphysical choice. That distinction is fundamental because it has to be shown that the scientific materialism is not exclusive from any metaphysics. On the contrary, it can contribute to manifest the pertinence of a certain level of analysis which, far from excluding other levels of analysis, do allow them. In that way, we answer to the necessity of right distinctions in order to place each investigation at its right place without any confusion nor overlapping of the levels of research.

Keywords

Teleonomy, chance, necessity, postulate of objectivity, ethics of knowledge, molecular biology.