

Évolutions de la “ méthode scientifique ” dans l’école de Claude Bernard

Jean-Gaël Barbara

► **To cite this version:**

Jean-Gaël Barbara. Évolutions de la “ méthode scientifique ” dans l’école de Claude Bernard. Claude Bernard, la méthode de la physiologie, Paris, Éditions Rue de d’Ulm, 2013. halshs-03090902

HAL Id: halshs-03090902

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03090902>

Submitted on 30 Dec 2020

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.

J.G. Barbara, 2013. « Évolutions de la “méthode scientifique” dans l’école de Claude Bernard », in F. Duchesneau, J.-J. Kupiec, M. Morange (éds.), *Claude Bernard, la méthode de la physiologie*, Paris, Éditions Rue de d’Ulm, 2013, p. 83-104.

Évolutions de la « méthode scientifique » dans l’école de Claude Bernard

Jean-Gaël Barbara

Laboratoire de neurobiologie des processus adaptatifs,
CNRS UMR 7102, Université Pierre et Marie Curie
Laboratoire SPHERE, CNRS UMR 7219, Université Paris Diderot

Évolutions de la « méthode scientifique » dans l'école de Claude Bernard

Jean-Gaël Barbara

Laboratoire de neurobiologie des processus adaptatifs CNRS UMR 7102, Université Pierre et Marie Curie
Laboratoire SPHERE, CNRS UMR 7219, Université Paris Diderot

« Les concepts, les méthodes, tout est fonction du domaine d'expérience ; toute la pensée scientifique doit changer devant une expérience nouvelle ; un discours de la méthode scientifique sera toujours un discours de circonstance, il ne décrira pas une constitution définitive de l'esprit scientifique. »
Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*. Paris, Alcan, 1934, p. 135.

Le bicentenaire de la naissance de Claude Bernard semble clore plus d'un siècle d'événements commémoratifs dont ceux de 1878, 1886, 1984, 1913 et 1978. En 2013 le cœur n'y est plus vraiment, il faut bien l'avouer ; sans toutefois que cela ne soit entièrement pour déplaire à l'historien, plus enclin à relativiser qu'à flatter le passé.

Au cours des dernières décennies, c'est sans doute Georges Canguilhem, suivi par Mirko Grmek et Frederic Holmes, qui a le mieux su maîtriser l'exercice, sans fuir la critique, ni se retrancher derrière des jugements scientifiques. Canguilhem, qui s'est librement exprimé sur la contingence des calendriers de commémorations, a su maintenir un équilibre, comme à son habitude, entre la critique indépendante et la reconnaissance de l'œuvre de Claude Bernard.

L'historiographie hagiographique des commémorations bernardiennes a le plus souvent emprunté le thème de la « méthode scientifique » du physiologiste. Le présent colloque qui suit les contours thématiques des problématiques les plus usuelles dans ce domaine est une invitation, non pas à reprendre une fois encore ce qui a été maintes fois repris par réécritures et réappropriations de propos convenus, mais à un exercice historiographique critique.

Il est par exemple possible de retracer les généalogies des emprunts destinés à décrire la vie scientifique de Claude Bernard ou à commenter la dimension philosophique de son œuvre. Ces citations parfois explicites désignent souvent seulement un auteur, alors que la liste des références est toujours plus longue. La comparaison de l'*Introduction de l'étude de la médecine expérimentale* avec le *Discours de la méthode* sans cesse reprise, y compris de manière critique par Canguilhem, n'est pas une invention d'Henri Bergson lors du centenaire de 1903¹. Selon le botaniste Van Tieghem², Brunetière avait utilisé la comparaison dès 1894

¹ « En ce sens, l'*Introduction à [l'étude de] la médecine expérimentale* est un peu pour nous ce que fut, pour le XVII^e et le XVIII^e siècles, le *Discours de la méthode*. » H. Bergson. « La philosophie de Claude Bernard », Discours prononcé à la cérémonie du centenaire de Claude Bernard, au Collège de France, le 30 décembre 1913, in *La pensée et le mouvant. Essais et conférences*, Paris, PUF, 1969.

en l'empruntant à Jousset de Bellesme³ ou au discours de réception d'Ernest Renan à l'Académie Française en 1879⁴, avec une erreur classique dans le titre de l'ouvrage de Bernard⁵. Mais tout comme le mythe de Claude Bernard que Louis Pasteur contribue à construire⁶, la célèbre comparaison apparaît également déjà du vivant du physiologiste, un an seulement après la parution de l'*Introduction* sous la plume de Pierre Janet⁷. L'emprunt de cette comparaison, constitutive de la publicité de l'œuvre bernardienne, est donc avant tout significatif de la convenance des discours de commémoration.

De telles observations historiographiques préliminaires confirment que les commémorations de Claude Bernard ont presque toujours eu l'une ou l'autre de ces intentions, un discours hagiographique de circonstance destiné à mettre en valeur son auteur⁸, la légitimation d'une école ou d'une discipline⁹, ou plus rarement l'enquête d'épistémologie historique¹⁰.

Inversement, en revenant sur l'analyse de la méthodologie bernardienne, l'historiographie contemporaine propose de remettre au premier plan les aspects scientifiques, pratiques et conceptuels. À la manière de Canguilhem, et souvent sans référence au conseil de Bergson de lire l'*Introduction* en commençant par les dernières parties, les historiens des sciences ont en effet toujours insisté sur la primauté de l'œuvre scientifique et les conseils méthodologiques qui en découlent.

Canguilhem en particulier a toujours perçu Claude Bernard dans les tensions scientifiques et philosophiques de son temps, en relativisant son rôle dans l'essor de la physiologie expérimentale, en critiquant sa conception de la pathologie, en refusant d'en faire un « penseur universel »¹¹, tout en indiquant les limites de sa méthode qu'il lui semble clair que Bernard lui-même ne percevait pas. Claude Bernard, « fils de vigneron, dit Canguilhem,

² Philippe Van Tieghem. « Notice sur la vie et les travaux de Claude Bernard lue dans la séance publique annuelle du 19 décembre 1910. » « Trente ans après son apparition, cet Ouvrage fameux [l'*Introduction*] avait gardé toute sa valeur originelle, comme en [a] témoigné en 1894, Brunetière qui, à l'exemple de Renan, n'hésitait pas à l'égaliser au *Discours de la Méthode* [...] »

³ Georges Louis Jousset de Bellesme. « Notes et souvenirs sur Claude Bernard », *Revue internationale des sciences biologiques*, T.10, 433-461, 1882.

⁴ Ernest Renan, Discours de réception de M. Ernest Renan à l'Académie Française, le 3 avril 1879, p. 28. « Comme tous les esprits complets, Claude Bernard a donné l'exemple et le précepte. En dehors de ses mémoires spéciaux, il a tracé à deux ou trois reprises son *Discours de la méthode*, le secret même de sa pensée philosophique. C'est à Saint-Julien, loin de son laboratoire, pendant ses mois de repos ou de maladie, qu'il écrivit ces belles pages, et notamment cette *Introduction à la médecine expérimentale*, qui le désigna surtout à votre choix. »

⁵ L'*Introduction à la médecine expérimentale* au lieu de l'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. On trouve cette erreur notamment chez Renan et Bergson.

⁶ Claude Bernard écrit à Louis Pasteur suite à la lecture de l'article élogieux sur son ouvrage : « Mon cher ami, j'ai reçu de tous les côtés des compliments à votre excellent article du *Moniteur*. Je suis donc très heureux et je dois vous en remercier, puisque vous m'avez fait un homme illustre de part votre autorité scientifique. », cité in René Valléry-Radot. *La vie de Pasteur*, Paris, Hachette, 1900, p. 179

⁷ Pierre Janet. « La méthode expérimentale et la physiologie », *Revue des Deux Mondes*, 62, 1866. « Au reste, ce n'est pas la première fois qu'on a vu un savant s'interroger avec curiosité sur les principes de la méthode, et on pourrait faire une curieuse histoire de la logique composée presque exclusivement des ouvrages des savants. Il est inutile de mentionner les livres si connus de Descartes (*Le Discours de la Méthode*), de Pascal, de Newton [...] »

⁸ Voir Christiane Sinding. « Claude Bernard and Louis Pasteur. Contrasting Images through Public Commemorations », *Osiris*, 1999, 14, 142-167.

⁹ Voir par exemple, Gabriel Finkelstein. « Autorité rhétorique : Claude Bernard et Émile du Bois-Reymond », in *Les Élèves de Claude Bernard*, J.G. Barbara et P. Corvol, éd., Paris, Hermann, 2012.

¹⁰ Citons les travaux de Joseph Schiller, Marc Klein, Georges Canguilhem, Mirko Grmek, Frederic Holmes.

¹¹ Georges Canguilhem. « L'évolution du concept de méthode de Claude Bernard à Gaston Bachelard, in *Étude d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Hermann, 1968, p. 171.

resté attaché à son terroir », ne voit pas que « la science de l'époque n'exige pas du savant seulement l'abandon des idées invalidées par les faits, mais surtout le renoncement actif à son style personnel de recherche des idées, exactement comme, à la même époque, les progrès de l'économie exigent le déracinement des hommes nés à la campagne¹² ». Cette critique reprend en réalité celle émanant de la confrontation, mise en scène dès 1963 par Canguilhem, entre la méthode de Bernard et l'idée de méthode chez Gaston Bachelard : « Les concepts, les méthodes, écrit Bachelard, tout est fonction du domaine d'expérience ; toute la pensée scientifique doit changer devant une expérience nouvelle ; un discours de la méthode scientifique sera toujours un discours de circonstance, il ne décrira pas une constitution définitive de l'esprit scientifique. »¹³ Canguilhem poursuit la critique de Bernard qui « n'a pas réussi, selon lui, à douter de la façon dont il concevait l'avenir de la physiologie [...] »¹⁴

C'est une même vision critique qui a motivé notre enquête sur les élèves de Claude Bernard¹⁵. Il s'agissait de donner une dimension historique à cette critique de la méthode de Bernard, en considérant les travaux de ses élèves, non pas comme une impasse, mais comme un renouvellement requérant la distinction entre le message épistémologique essentiel du maître, conservé dans ses grandes lignes, et les réformes et réorientations épistémologiques nécessaires aux nouveaux styles de la physiologie.

L'étude de la « méthode bernardienne » gagne en effet à être mise en perspective en distinguant l'évolution chronologique de ses propres déterminismes de manière dynamique et en analysant les relations entre l'idée bernardienne de la physiologie et les travaux de son école entière. En redonnant le statut d'objet d'histoire des sciences à cette méthode, il devient pertinent d'interpréter dans le temps le développement de ses limites et de ses rectifications du vivant même de Bernard, au sein des relations de bonne intelligence scientifique entre le maître et ses anciens préparateurs.

L'analyse des carrières scientifiques des élèves et proches de Bernard permet en effet de déceler des rapprochements peu apparents et des réorientations épistémologiques subtiles entre leurs travaux et les recommandations du maître. Les conseils méthodologiques bernardiens parfois négatifs et prenant l'allure de réserves concernant les relations avec les nouvelles théories, l'instrumentation, la mesure, l'usage des mathématiques ou l'importance centrale du concept de déterminisme sont progressivement amendés. Ces variations de la méthode physiologique mettent en lumière comment les plus jeunes générations ont dû dépasser certaines positions épistémologiques bernardiennes pour surmonter les obstacles épistémologiques imposés par l'évolution même de la physiologie.

On ne souhaite pas critiquer la méthode bernardienne entendue comme une œuvre homogène et monolithique ; au contraire il convient de lui rendre sa dimension dynamique dans laquelle elle se trouve confrontée à la liberté et la nécessité d'entreprendre des physiologistes. L'objectif est en réalité de comprendre l'évolution de la physiologie au tournant du XX^e siècle en France, le rôle réel de Bernard et la constitution des nouvelles disciplines physiologiques.

Il ne faut cependant pas tomber dans le piège d'opposer trop schématiquement les collègues et successeurs de Bernard qu'on pourrait présenter comme des rectificateurs et des contradicteurs. La méthode scientifique bernardienne est celle d'une école soudée dont les réserves concernant les évolutions scientifiques sont à la fois justifiées et paradoxalement

¹² Georges Canguilhem, « L'effet de la bactériologie dans la fin des « théories médicales » au XIX^e siècle », in *Idéologie et rationalité*, Paris, Vrin, 1988, p. 66.

¹³ Gaston Bachelard. *Le nouvel esprit scientifique*. Paris, Alcan, 1934, p. 135, cité in G. Canguilhem. « L'évolution du concept de méthode de Claude Bernard à Gaston Bachelard, in *Étude d'histoire et de philosophie des sciences, op. cit.*, p. 171.

¹⁴ *Ibid.*, p. 170.

¹⁵ Jean-Gaël Barbara, Pierre Corvol (éds.). *Les élèves de Claude Bernard*, Paris, Hermann, 2012.

corrigées par Bernard lorsqu'il encourage lui-même les travaux de ses élèves. Claude Bernard se trouve, en quelque sorte, pris au piège lorsqu'il doit, à la fois, défendre la physiologie expérimentale – qui lui a donné ses succès scientifiques et institutionnels –, en dériver des normes épistémologiques en minimisant l'importance des théories, pratiques et instruments trop complexes qui auraient pu le détourner de ses découvertes, tout en admettant finalement les nouvelles nécessités heuristiques nécessaires à l'évolution de la physiologie.

L'analyse des travaux des élèves de Claude Bernard de son vivant indique que la méthode bernardienne, telle qu'elle est décrite dans l'*Introduction*, est très logiquement à la fois un sommet dans l'explicitation épistémologique d'une manière de faire de la physiologie par la vivisection, et un point de rupture où s'ouvre une période d'influence plus forte en France des nouvelles tendances de l'anatomie et de la physiologie allemandes.

Ce qui permet les mariages de la physiologie bernardienne à la science allemande tient avant tout à ce que les collaborateurs de Bernard, qui ont été recrutés juste avant, ou juste après, un doctorat de médecine ou ès sciences naturelles, ont pratiquement tous, et précédemment à leur poste de préparateur, été acquis à un domaine scientifique d'outre-Rhin.

Aussi faut-il mettre l'évolution de la méthode bernardienne dans la perspective complexe des relations franco-allemandes de 1850 à 1918. Lorsqu'en 1850, le jeune physiologiste allemand, Émile du Bois-Reymond, vient faire à l'Académie des sciences de Paris sa démonstration électrophysiologique, François Magendie le reçoit durement et sa mesure galvanométrique est ridiculisée par ses collègues physiiciens. L'arrogance française, s'expliquant par la perte progressive d'hégémonie scientifique au milieu du siècle, dénonce souvent l'« esprit germanique » comme naïf, en annonçant les discours antigermaniques des deux guerres suivantes. Pourtant, dès les années 1850, Bernard prend en compte à petits pas les avancées scientifiques allemandes, comme le font encore plus ceux qui deviendront ses élèves, à l'instar de Louis Ranvier qui s'initie en autodidacte à la Pathologie cellulaire de Rudolph Virchow. Après 1870, les jeunes générations prennent encore davantage conscience – comme Bernard – de la nécessité de prendre comme modèle le développement des universités allemandes¹⁶. La science allemande apparaît à tous désormais comme incontournable et comme un complément indispensable à la physiologie bernardienne pour que les Marey, Chauveau, Ranvier, d'Arsonval, Richet, Dastre et Lapicque puissent à nouveau rivaliser avec leurs collègues allemands jusqu'à la veille de la Première Guerre mondiale.

On se propose donc ici de considérer quelques aspects choisis de la méthode bernardienne et les évolutions associées dans les nouvelles pratiques mises en place par ses élèves et jeunes collègues, en considérant l'empreinte croissante de la physiologie et de l'anatomie allemandes, l'adoption de nouveaux instruments et les réformes épistémologiques associées dans le renouveau de la physiologie française au tournant du XX^e siècle.

Il est possible de distinguer ces évolutions en les associant emblématiquement à un instrument particulier, à savoir le galvanomètre, le microscope, l'inscripteur graphique, la sonde thermoïonique ou le dynamomètre, mais on ne pourra traiter ici que des deux premiers.

Le galvanomètre – Claude Bernard prend connaissance des expériences galvanométriques du physiologiste allemand du Bois-Reymond dans le contexte de la polémique parisienne des années 1850 sur l'artefact que représenterait sa mesure d'un courant musculaire. Dans ses *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, Bernard présente néanmoins le galvanomètre astatique de son collègue allemand, ainsi que les modifications du médecin français Jules Regnaud qui ont permis de rendre les mesures plus reproductibles. Dans son rapport de 1867, Bernard admet finalement que « l'électro-

¹⁶ Albert Dastre. « Cours de physiologie de la faculté des sciences de Paris. Leçon inaugurale », *Revue Scientifique*, 24, 1887, 737-743, p. 737, « À la suite des désastres de 1870, on sentit mieux encore l'urgence de réorganiser nos institutions scientifiques pour les mettre au niveau de celles de nos voisins. »

physiologie [...] est devenue une branche de la physiologie générale [...] depuis les grands travaux de M. Du Bois-Reymond en Allemagne »¹⁷

Si Claude Bernard décrit et discute à de nombreuses occasions les résultats de l'électrophysiologie, il condamne cependant finalement, d'une manière assez générale et jusqu'à sa mort, cette manière de faire de la physiologie.

Selon sa critique la plus sévère, celle des *Principes*, « Du Bois-Reymond, ainsi que beaucoup d'autres expérimentateurs allemands, ont trop considéré le côté purement physique des actions nerveuses et des actions musculaires. Ils n'ont pas distingué nettement le côté physiologique ou vital de la question. [...] Il y a le fanatisme de l'exactitude physico-chimique qui est très nuisible à la physiologie [...] » Bert a rapporté que Bernard avait une réelle aversion pour ce style de recherche allemand requérant une « instrumentation compliquée dont fait ses délices et sans laquelle ne peut vivre la physiologie d'outre-Rhin. »¹⁸ En réalité, Bernard ne refuse pas l'emploi du galvanomètre qu'il utilisera avec d'Arsonval en association avec des sondes thermo-électriques, mais cet instrument ne représente pour lui qu'un appareil de mesure annexe¹⁹.

Il n'apprécie pas en réalité les expériences galvanométriques sur les nerfs parce qu'elles aboutissent, selon lui, à une interprétation erronée du mécanisme de leur fonction. Pour Claude Bernard, la « force nerveuse » qui induit la contraction musculaire est une force vitale qui ne peut se réduire – selon les connaissances de l'époque – à une force physico-chimique ; la modification extérieure du muscle qui agit comme déclencheur de la contraction ne peut être l'électricité qui se développe dans le nerf moteur.

Bernard condamne un certain réductionnisme chez du Bois-Reymond qui considère l'électricité des nerfs et des muscles comme des phénomènes naturels en eux-mêmes et comme relevant de propriétés intrinsèques des tissus²⁰, alors que seule la contraction musculaire est pour Bernard un véritable phénomène physiologique dont les conditions naturelles d'exécution relèvent d'un agent nerveux qu'il préfère nommer de manière abstraite « force nerveuse » plutôt que de l'assimiler à la « force électromotrice » du nerf²¹.

Cet exemple indique que la méthode bernardienne privilégie sans concession, à l'échelle des tissus, les phénomènes dits « vitaux », comme la contraction musculaire, qu'elle vise à décrire dans les conditions les plus naturelles, le plus souvent par vivisection dans l'animal intact, qu'on ouvre légèrement en manipulant ses tissus frémissants avec tact du bout des doigts. En ce sens, Bernard donne quelque peu implicitement raison aux anciens détracteurs de l'expérimentation physiologique, comme Comte ou Cuvier, se méfiant de la possibilité d'isoler des phénomènes physiologiques hors de l'organisme. Bernard privilégie l'étude qualitative rigoureuse – par les sens, comme dans l'ancienne médecine – des « phénomènes vitaux » pour « connaître exactement les conditions physiologiques ». Car selon lui, « c'est là que se trouve la véritable précision de la physiologie. »²² Il comprend ainsi le déterminisme de la contraction musculaire par les nerfs à l'échelle de l'organisme et d'une

¹⁷ Claude Bernard. *De la physiologie générale*, op. cit., p. 244.

¹⁸ Paul Bert. « Les travaux de Claude Bernard », in *L'œuvre de Claude Bernard*, Paris, Baillière, 1881, p. 39-87, p. 66.

¹⁹ « La physique et la chimie sont pour la physiologie des instruments, ni plus ni moins », C. Bernard, *Carnet de Notes (1850-1860)*, édition intégrale du Cahier rouge, M.D. Grmek, éd., Paris, Gallimard, 1965.

²⁰ Thimoty Lenoir. « Models and instruments in the development of electrophysiology, 1845-1912 », *Hist Stud Phys Biol Sci* 17, 1986, 1-54.

²¹ Matteucci est entièrement d'accord sur ce point avec Bernard : « Nous ne savons rien sur la force nerveuse, rien ne prouve qu'elle consiste dans une modification de l'état électrique du nerf et le seul résultat positif que nous connaissons, c'est que l'excitation d'un nerf par l'électricité et le travail musculaire représentent deux termes qui n'ont aucune relation entre eux. » M.A. de la Rive, « Sur l'électricité de la torpille », *L'Institut journal*, 1508, 1862, 381-388, p. 388

²² Claude Bernard, *Leçon de physiologie expérimentale appliquée à la médecine, Cours du semestre d'hiver 1854-1855*, T. I., Paris, Baillière, 1855, p. 178.

manière hiérarchique²³ comme l'expression d'une force nerveuse émanant du cerveau dans les conditions physiologiques.

Toutefois, une distinction nette entre un réductionnisme chez du Bois-Reymond et la méthode bernardienne ne tient pas entièrement, même si Mirko Grmek a estimé que « si l'on prend [le] terme [de réductionnisme] dans le sens de [...] la physiologie [...] allemande, Claude Bernard ne se considérait pas réductionniste, ne l'était pas, et même cette façon de raisonner lui était étrangère. »²⁴ Car Bernard utilise aussi des préparations isolées de pattes de grenouille en cherchant à localiser dans les éléments anatomiques les propriétés physiologiques. De plus, son élève Armand Moreau a utilisé, au début des années 1860, un électroscope et des préparations isolées de plaque électrique de torpille pour démontrer que la production d'électricité par cet organe résistait à la séparation du cerveau de l'animal ainsi qu'à certains traitements. Toutefois, ces expériences n'atteignaient pas le niveau de réductionnisme qu'on trouve aussi chez le physiologiste italien Matteucci lorsqu'il avait cherché à isoler le plus petit fragment possible d'organe électrique de torpille produisant un courant mesurable²⁵.

Malgré ses recherches propres et celles de son élève Moreau, mais surtout après de nombreuses réflexions, dont le plus grand nombre a trait au mode d'action du curare, Bernard ne parvient pas en fait à se départir de l'empreinte de sa méthode²⁶. En ce sens Grmek a raison en estimant que Bernard n'a pas réussi à développer un « réductionnisme épistémologique »²⁷. Pour lui, la contraction musculaire dérive de la force nerveuse dans les conditions physiologiques. Le curare, qui abolit cette contraction, abolit aussi nécessairement la force nerveuse, à un certain niveau hiérarchique de l'organisme qu'il situe entre la moelle épinière et le nerf moteur. Bernard ne peut admettre que si le curare n'élimine ni la contraction directe du muscle ni la production d'électricité par le nerf moteur, et tout en faisant l'hypothèse que cette électricité est bien une condition nécessaire de l'excitation musculaire, alors l'action du curare peut être précisément localisée à l'élément de jonction entre le nerf et le muscle en bloquant la transmission de l'excitation²⁸.

On a étudié précédemment comment, à partir de 1864, Bernard en vient progressivement à adopter la conception allemande, que défend Vulpian en France, d'une modification de la plaque nerveuse par le curare²⁹. Ceci d'ailleurs n'est pas en contradiction avec l'idée bernardienne que les poisons agissent spécifiquement sur certains éléments anatomiques³⁰. Dans son *Rapport*, Bernard rend finalement hommage à l'électrophysiologie

²³ Les écrits de Bernard indiquent tous que son déterminisme « harmonieusement hiérarchisé » ou « qui est harmonieusement hiérarchisé » repose sur les concepts de « hiérarchie fonctionnelle », de « solidarité hiérarchique », de « hiérarchie physiologique », de structures hiérarchiques analogues selon Bernard à la hiérarchie des classifications zoologiques. Voir J.G. Barbara, « Claude Bernard et la question du curare : Enjeux épistémologiques », *Soc Biol*, 203, 2009, 227-234. M. Grmek mentionne le « déterminisme hiérarchisé » selon Bernard, in *La Nécessité de Claude Bernard*, Paris, Méridiens Klincksieck, 1991, p. 48.

²⁴ Jacques Michel, éd., *La nécessité de Claude Bernard*, *op. cit.*, p. 48.

²⁵ Matteucci rapporte cette expérience à l'Académie des sciences de Paris à la suite du mémoire de Moreau. Matteucci a réussi à produire une décharge avec un morceau d'organe électrique de 2 mm de côté. Voir M.A. de la Rive, 1862, *op. cit.*, p. 388.

²⁶ J.G. Barbara, 2009, *op. cit.*

²⁷ Selon l'expression de Jean Gayon, in *La nécessité de Claude Bernard*, *op. cit.*, p. 49.

²⁸ Le terme de « transmission » est utilisé par Vulpian. Bernard étudie cette hypothèse mais la rejette finalement à nouveau en 1867 sur la base de ses expériences sur l'animal entier. Voir Claude Bernard, *De la physiologie générale*, Paris, Hachette, 1872, p. 225.

²⁹ J.G. Barbara, 2009, *op. cit.*

³⁰ « Chaque élément histologique a ses poisons particuliers qui le détruisent, et amènent ainsi la mort de l'animal en supprimant un des éléments essentiels de l'harmonie vitale. » *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, Paris, Baillière, 1866, p. 136. Dans les *Principes*, Bernard revient cependant sur cette idée et ne peut renoncer à l'idée ancienne qu'« il n'est pas possible de comprendre qu'une substance [un poison] puisse agir sans l'intermédiaire du sang. »

injustement décriée dans l'*Introduction* pour justifier son style de recherche propre. « Dans ces derniers temps, note Bernard, les systèmes nerveux et musculaire, ainsi que les organes des sens, ont été l'objet d'expériences si précises qu'elles constituent de véritables études de physiologie physico-mathématique. Les travaux remarquables de Helmholtz, de Donders, de Brücke, de Du Bois-Reymond, etc., en fournissent des preuves parmi les étrangers. En France, beaucoup de recherches sont maintenant entreprises dans la même voie. Les appareils de locomotion et les organes nerveux ne sont rien autre chose, en effet, que des appareils de mécanique et de physique créés par l'organisme. Ces mécanismes sont plus complexes que ceux des corps bruts, mais ils n'en diffèrent pas quant aux lois qui régissent leurs phénomènes ; c'est pourquoi ils peuvent être soumis aux mêmes théories et étudiés par les mêmes méthodes et avec la même exactitude. »³¹

Au sujet du galvanomètre, on conclut que Bernard a fait de grands pas par rapport à Magendie, en adoptant l'instrument, en l'utilisant lui-même, parfois maladroitement³², et en discutant méthodiquement les résultats de l'électrophysiologie des nerfs. Mais dans ce domaine et dans ses propres recherches, Bernard n'a pas surmonté l'emprise de sa physiologie générale, en demeurant prisonnier d'un néovitalisme incapable d'assimiler la capacité excitante du nerf à son activité électrique. Son manque d'intérêt pour les aspects quantitatifs des mesures électrophysiologiques ne l'a pas non plus aidé à assimiler, à la manière de Helmholtz, les actions des nerfs et des muscles à des mécanismes chimiques³³. Ni physique, ni chimique, la force nerveuse bernardienne demeurait mystérieuse. À travers cet obstacle non surmonté, Bernard apparaît prisonnier des valeurs du médecin physiologiste vivisectionniste français observateur et critique, encore soumis à un certain vitalisme, dont l'esprit n'est pas par ailleurs totalement exempt d'antigermanisme, lorsqu'il valorise par exemple le qualitatif sur le quantitatif et l'excès d'exactitude³⁴, rappelant les critiques classiques de l'esprit germanique enclin – selon les auteurs français – à la précision excessive, l'exhaustivité aveugle et l'érudition inutile³⁵.

En matière d'électrophysiologie, les expériences de Marey n'ont pas non plus incité Bernard à suivre lui-même cette branche de la physiologie, parce que sa méthode se trouvait en réalité en contradiction profonde avec les nouvelles hypothèses de cette discipline, adoptées précocement par du Bois-Reymond, faisant dépendre les propriétés électriques des tissus de phénomènes de sommation de propriétés élémentaires des cellules. Bernard ne refusait pas théoriquement cette idée, puisque selon lui, « les fibres musculaires se combinent en nombre plus ou moins grand pour former des organes musculaires, qui multiplient sans les changer les propriétés de l'élément histologique »³⁶. Mais alors qu'il aurait pu choisir l'électricité comme la propriété fondamentale des nerfs se décomposant en une activité électrique élémentaire des fibres nerveuses, il a choisi de faire de la « force nerveuse » une propriété de l'organisme. C'est seulement en 1865 qu'il admet enfin que le curare agirait comme « la rupture d'un fil qui interromprait une communication ou un courant électrique »,

³¹ *De la physiologie générale, op. cit.*, p. 55-56. Bernard nuance néanmoins ce style de physiologie en dénonçant « l'erreur des physico-chimistes [...] de croire qu'il fallait ramener les phénomènes des êtres vivants, non seulement aux mêmes lois, mais encore aux mêmes procédés et aux mêmes formes que ceux qui appartiennent aux corps bruts. », *ibid.*, p. 192.

³² En 1873 D'Arsonval avait dû aider Claude Bernard avec son galvanomètre à la première leçon à laquelle il avait assisté. Cet incident rapporté par tous les commentateurs et biographes de Bernard et de d'Arsonval devait être le point de départ de la collaboration des deux hommes. Pour Bernard, d'Arsonval était responsable de « l'exactitude physico-chimique » considérée à la fois comme une nécessité de l'expérimentation physiologique et parfois un « fanatisme ».

³³ T. Lenoir, *op. cit.*, p. 20.

³⁴ Voir par exemple, *Leçons de physiologie*, 1855, p. 27.

³⁵ Voir G. Petit, éd., *Les Allemands et la science*, Paris, Alcan, 1916.

³⁶ C. Bernard, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants, op. cit.*, p. 166.

en reconnaissant implicitement avoir évité « la grosse question de la nature du fluide nerveux ».

Bernard finit lui-même par accepter l'hypothèse que le curare pourrait être responsable d'une modification matérielle de la plaque nerveuse³⁷. Les études bernardiennes sur le curare indiquent donc que la physiologie bernardienne n'est pas devenue, et n'avait pas pour objectif de devenir, une physiologie cellulaire, mais qu'elle était en quelque sorte condamnée à demeurer une physiologie des tissus³⁸.

Le microscope – Claude Bernard a des positions très ambivalentes au sujet du microscope, de l'histologie, de l'anatomie d'une manière plus générale, de la théorie cellulaire et de la théorie du blastème. Or ses positions sur ces thèmes déterminent l'appréciation historique de la valeur de son œuvre dans la fondation en France d'une « physiologie cellulaire » et d'une « anatomie générale » à l'échelle microscopique. Il est difficile pour l'historien d'estimer si le projet bernardien contient ou pas une approche cellulaire qui incorpore à la fois l'étude des propriétés des « éléments histologiques » et leurs déterminants anatomiques par une approche expérimentale.

On a le sentiment qu'afin d'éviter de choisir trop radicalement entre la promotion par Canguilhem d'une « physiologie cellulaire » bernardienne et l'idée selon laquelle le projet de Bernard favorise *in fine* la théorie protoplasmique³⁹ comme fondement de la physiologie générale, les textes de Bernard doivent être replacés dans une perspective historique en affinant les liens qu'il tisse entre les sciences anatomiques et la physiologie générale, non seulement dans son œuvre écrite, mais aussi dans les interactions qu'il noue avec ses élèves.

Le projet de la physiologie expérimentale française est d'abord celui de chirurgiens vivisectionnistes, nécessairement « habitués à opérer sur les êtres vivants, et [...] profondément versés dans les études anatomiques et histologiques. »⁴⁰ Magendie a insisté sur la nécessité de l'habileté et de l'expérience pour la dissection de vivisection, qu'il considère comme des facteurs pratiques déterminants de la reproductibilité des observations⁴¹. Ce pragmatisme anatomique, que la chirurgie militaire a porté à son plus haut degré de perfectionnement, est fidèle à la réforme anatomique du nouvel enseignement des chirurgiens parisiens dont le droit a été acquis à partir du XVIII^e siècle⁴².

Magendie et Claude Bernard, suivant en cela les premiers médecins microscopistes, ont également utilisé et promu l'usage du microscope pour inspecter par exemple les éléments du sang ou d'autres tissus. Très tôt, Magendie a préconisé d'inspecter ces éléments dans leur milieu, du plasma, éventuellement chauffé comme le fit ultérieurement l'histologiste allemand Max Schültze, car leur forme et leurs propriétés varient dans l'eau où ils finissent par se

³⁷ C. Bernard. *Revue des cours scientifiques*, 1865, 2, 239-240, p. 240.

³⁸ Bernard l'indique encore clairement en 1867 dans son *Rapport* : « [...] c'est toujours à la connaissance des propriétés élémentaires des tissus vivants qu'il faut faire remonter l'explication physiologique. » *De la physiologie générale, op. cit.*, p. 56.

³⁹ Laurent Loison. « Le concept de cellule chez Claude Bernard et la constitution du transformisme expérimental », in J.G. Barbara, P. Corvol, éd., *Les élèves de Claude Bernard*, Paris, Hermann, 2012, 135-149.

⁴⁰ C. Bernard. *De la physiologie générale, op. cit.*, p. 208.

⁴¹ « La vivisection constitue un art véritable. Cet art est difficile, s'acquiert par l'habitude, exige même une sorte de dextérité et de présence d'esprit qui doivent être naturelles [...]. Vous voyez tous les jours des anatomistes fort habiles pour faire une préparation sur le cadavre, échouer quand ils essaient d'agir sur l'homme vivant. Ne soyez donc pas surpris si le témoignage des expérimentateurs est parfois contradictoire. C'est que les uns ne savent pas comment s'y prendre, d'autres sont inhabiles de leurs mains, d'autres enfin réunissent ces deux conditions défavorables. » François Magendie, *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*. Paris, Lecaplain, 1841, vol. I, 4-5, cité in J.G. Barbara, « Auguste Comte et la physiologie cérébrale de son temps », *Revue d'Histoire des Sciences*, 65, 2012, 213-236.

⁴² Jean-Gaël Barbara, 2008. « Diversité et évolution des pratiques chirurgicales, anatomiques et physiologiques du cerveau au XVIII^e siècle », in Céline Chericci et Jean-Claude Dupont (éd.), *Querelles du cerveau à l'âge classique (XVI^e-XVIII^e siècles)*, Paris, Vuibert, 2008.

détruire⁴³. Ces premières observations semblent avoir profondément marqué les physiologistes, comme lorsque Claude Bernard insiste sur le fait qu'un élément histologique n'est rien hors de son milieu⁴⁴. L'opinion que la forme cellulaire est indépendante des déterminations matérielles du protoplasme trouve également une justification évidente dans ces premières observations microscopiques dévoilant la multiplicité des formes de l'amibe ou du leucocyte sans lien avec l'individualité protoplasmique qui demeure indépendante de sa forme, malgré son grand degré d'organisation interne⁴⁵.

Lorsque Bernard entend défendre l'autonomie de la physiologie générale, ces observations microscopiques justifient le refus du principe de la déduction anatomique, selon l'exemple classique de la cellule de la glande salivaire et de la cellule du pancréas qui ont des structures identiques, mais des fonctions très différentes que seule la physiologie peut découvrir⁴⁶. Sur cette question, Louis Ranvier et Charles Rouget opposeront des arguments, mais Bernard considèrera toujours que la localisation des propriétés physiologiques dans des éléments anatomiques demeure une connaissance *a priori* pour l'histologiste qui peut alors déduire *a posteriori* la fonction d'un tissu par l'inspection de son organisation cellulaire. Mais l'on conviendra facilement qu'il ne faut pas confondre l'*a priori* expérimental de la découverte dans son parcours historique et l'équivalence acquise par l'histologie entre la connaissance d'une structure et de sa fonction, comme Bernard lui-même le reconnaissait dans ses leçons de 1854⁴⁷.

Dès lors, les histologistes comme Ranvier n'auront de cesse de démontrer que le microscope peut être un instrument de la physiologie, non pas seulement pour corroborer la fonction des organes par l'inspection des cellules, comme la contractilité des vaisseaux par l'observation de fibres musculaires, mais bien pour révéler des propriétés physiologiques

⁴³ « Ce sont des disques circulaires ou elliptiques [...] C'était une erreur. Examinés au microscope, ils se présentent tantôt sur leurs tranches, tantôt sur leur plein : on dirait des petits grains lenticulaires [...] On est généralement d'accord aujourd'hui pour les envisager comme formés d'une enveloppe [...] que l'eau pure attaque et réduit en lambeaux [...] » F. Magendie, *Phénomènes physiques de la vie*, Tome 3, Paris, Crochard, 1839, p. 256.

⁴⁴ « Mais cette étude des cellules et des fibres élémentaires reste incomplète et stérile quand elle est isolée ; il faut y joindre celle des milieux qui fournissent à ces cellules et à ces fibres les conditions indispensables de leur existence. », p. 24, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, *op. cit.*, 1866.

⁴⁵ « L'amibe, *Amæba diffluens*, est constituée par un amas de substance glutineuse, protoplasmique ou sarcodaire, qui change de forme à chaque instant, envoyant des expansions, des prolongements, que suit bientôt le reste de la masse en roulant comme une goutte d'huile sur le marbre. [...] Les leucocytes ou globules blancs des animaux supérieurs sont des masses protoplasmiques très-analogues aux amibes [...] », C. Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie*, Tome 2, *op. cit.*, p. 244-245.

⁴⁶ Il est significatif que Bernard inclue dès son cours de 1855, comme suppléant de Magendie au Collège de France, la microscopie dans sa définition et son attaque de la déduction anatomique : « La déduction anatomique, c'est-à-dire [...] la possibilité de découvrir les fonctions d'un organe par la seule inspection directe, ou armée du microscope, des différentes parties qui composent sa texture anatomique ou cadavérique. » C. Bernard, *Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine*, Tome 2, Paris, Baillière, 1856, p. 2. L'exemple classique de Bernard : « D'après une structure en apparence semblable, on a pu rapprocher des organes qui ont des fonctions très-différentes à certains égards. C'est ainsi qu'on a pu considérer le pancréas comme une glande salivaire, parce que la texture est identique pour les anatomistes dans les deux organes. Inversement, des formes histologiques différentes sont parfois en rapport avec des propriétés physiologiques semblables [...] », *ibid.*, p. 11.

⁴⁷ C. Bernard, *Leçons de physiologie expérimentale*, T II, *op. cit.* : « l'induction anatomique » : « une fois que nos sens ont constaté expérimentalement la forme et les propriétés de la matière, seulement alors le rôle du raisonnement commence ; notre esprit établit entre la forme et les propriétés un rapport constant qui devient le point de départ de l'induction pour prédire la propriété d'après la forme, et *vice versa*. », p. 8. Mais Bernard ajoute que l'établissement de cette équivalence est dirigé par la méthode expérimentale de la physiologie : « [...] ce n'est que lorsque les rapports entre les formes et les propriétés vitales des tissus ou des organes nous sont expérimentalement connues, que nous en rapprochons d'autres dont la forme seule nous est connue pour en induire les propriétés, et *vice versa*. », p. 10.

nouvelles par l'observation de cellules vivantes. Ranvier a par exemple indiqué que les structures éponymes, les « étranglements annulaires » des fibres nerveuses⁴⁸, pouvaient être considérés comme des sites de diffusion interne de nutriments à partir du milieu⁴⁹.

Il n'est pas possible de penser que Bernard n'a pas compris cette évolution de la microscopie. En effet, Magendie, Bernard, Ranvier revendiquent tous les trois d'une même façon l'inspection des cellules vivantes dans leur milieu sous le microscope. Ranvier critique les dissociations dans l'eau de Henle et préconise l'emploi de gélatine et de plaques chauffantes⁵⁰. Dans cet esprit général, Ranvier se forme aux techniques allemandes et invente de nouveaux procédés qu'il publie dans son *Traité technique d'histologie* qui devient une bible pour les histologistes du monde entier, comme pour l'Espagnol Santiago Ramón y Cajal. Bernard comprend l'intérêt que peut avoir la physiologie pour les développements de cette science, lui qui inversement vante la nécessité des laboratoires d'histologie pour la physiologie, comme celui de Leydig et celui de Ranvier au Collège de France⁵¹. Sa défense de la nouvelle histologie a été sincère et sans faille jusqu'à la création et l'attribution d'une nouvelle chaire d'anatomie générale au Collège de France pour Louis Ranvier en 1876.

Il n'en demeure pas moins que, comme pour le galvanomètre, l'inscripteur graphique ou le spectroscopie, Bernard a utilisé le microscope comme appui annexe dans ses expériences. Il n'est jamais devenu histologiste et a même toujours conservé une certaine méfiance, du moins un recul parfois réticent, face aux nouvelles découvertes de l'histologie⁵². Si certains travaux de Ranvier sont cités dans ses œuvres, c'est presque toujours comme des arguments secondaires⁵³. Dans la polémique sur le mode d'action du curare, Bernard ne prend en compte les nouvelles données sur la plaque nerveuse qu'en reconnaissant finalement à mots couverts son adhésion à la théorie de ses concurrents. Le mot de Bernard, cité par Jolly, résume bien sa position à propos de l'histologie : « Ranvier va nous expliquer cela ! »

Il y a néanmoins chez Bernard la volonté d'installer une nouvelle forme d'anatomie générale « [une] [...] anatomie physiologique, c'est-à-dire normale en opposition avec l'anatomie pathologique. [Cette] [...] anatomie normale ne peut se faire que sur un individu vivant, écrit Bernard [...] Alors seulement on pourra dire que l'anatomie explique le phénomène vital ; mais il faudra aussi faire rentrer les propriétés vitales des tissus dans l'anatomie. C'est la vraie anatomie générale [...] C'est là une véritable réforme anatomique qu'il conviendrait de faire [...] »⁵⁴ Bernard revendique une réelle continuité entre l'anatomie générale de Bichat et celle qu'il imagine puisque la première est une tentative pour isoler par

⁴⁸ Les « nœuds de Ranvier ».

⁴⁹ Voir Jean-Gaël Barbara. 2007, « Louis Ranvier (1835-1922): the contribution of microscopy to physiology, and the renewal of French general anatomy », *Journal of the History of the Neurosciences*, 16, 413-431

⁵⁰ Ranvier a critiqué les dissociations dans l'eau de Friedrich Gustav Jacob Henle (1809-1885) et a utilisé des injections de gélatine dans les tissus pour préserver les éléments histologiques. Voir J.G. Barbara, 2007, *op. cit.*

⁵¹ « Dans notre enseignement au Collège de France de la médecine expérimentale, écrit Bernard, telle que nous le comprenons, l'histologie est donc devenue la compagne obligée de la physiologie expérimentale. C'est pourquoi nous avons annexé à notre laboratoire de vivisections un laboratoire d'études microscopiques, dirigé par l'un de nos plus habiles histologistes, par M. Ranvier, notre élève et collaborateur. », *Rev Sci* 1875, *op. cit.*, p. 719.

⁵² Claude Bernard, *Leçons de pathologie expérimentale*, Paris, Baillière, 1872, p. 127-128. « Malgré les progrès de l'histologie, nos connaissances sur les tissus sont encore très imparfaites. Nous rencontrons à chaque pas de nouveaux problèmes dont le secret appartient sans doute aux générations futures. Il ne faut point cependant se décourager ni cesser de poursuivre les recherches que nous avons entreprises dans cette voie ; car la science n'est, en définitive, que l'étude des rapports entre les phénomènes naturels et leurs causes matérielles. Voilà pourquoi, si l'on admettait, comme une vérité, qu'il existe des affections ne reconnaissant pour cause aucune modification des organes, on verrait s'écrouler d'un seul coup tout l'édifice scientifique. »

⁵³ C. Bernard : « L'anatomie microscopique vient en aide à la physiologie pour démontrer dans les parois vasculaires l'existence évidente de ces mêmes éléments » *Leçons de pathologie expérimentale*, *op. cit.* Poiseul avait constaté le « resserrement des vaisseaux » avec le froid sous le microscope.

⁵⁴ C. Bernard, *Les Principes*, *op. cit.*, p. 282.

l'anatomie et la physiologie les caractères descriptifs et fonctionnels des tissus sur lesquels la physiologie expérimentale se fonde pour découvrir de nouvelles fonctions et les localiser dans les éléments histologiques⁵⁵. Bernard recommande de dresser des listes d'éléments anatomiques, d'en faire des classifications sans verser dans un essentialisme des espèces histologiques, et d'en étudier surtout les propriétés comme fondement de la physiologie générale. Dans ce programme, il serait trop radical de penser que la physiologie bernardienne rejette la physiologie comparée et l'étude des variations et des idiosyncrasies des tissus, car si Bernard souhaite les réduire aux lois des phénomènes vitaux, c'est justement leur étude qui permet de découvrir ces lois. La physiologie comparée qui demeure pour lui une approche « insuffisante » est néanmoins considérée comme une « source d'études précieuses », une « mine », « un moyen de contrôle et l'occasion de nouvelles investigations expérimentales. »⁵⁶

Le programme de recherche de Ranvier est destiné directement à combler ces attentes bernardiennes, puisque ses recherches suivent de près les recommandations du cours de 1858 d'étudier certains éléments histologiques⁵⁷. Ce sont vraisemblablement les succès de Ranvier qui donnent à Bernard l'enthousiasme pour redéfinir le but futur de la médecine expérimentale : « [...] le laboratoire d'études microscopiques nous présente désormais l'un de nos plus puissants moyens d'investigation ; mais [...] il ne suffit pas de connaître anatomiquement les éléments organiques, il faut étudier leurs propriétés, leurs fonctions à l'aide de l'expérimentation la plus délicate ; il faut faire, en un mot, l'*histologie expérimentale*, ou, autrement dit, la *physiologie histologique*. Tel est le but suprême de nos recherches : elle est la base de la médecine future. »⁵⁸

On notera en passant que la critique de Gaston Bonnier, dans l'élaboration de son « anatomie expérimentale », visant la conception bernardienne de l'indépendance de la forme des organismes et des conditions physico-chimiques du milieu, sert essentiellement d'introduction pour justifier une approche expérimentale de l'anatomie que les *Leçons sur les phénomènes de la vie* semblent a priori exclure. Il est vrai que, dans ces textes, Bernard rattache les variations morphologiques des tissus presque entièrement à l'hérédité qui ne peut être une condition expérimentale. Mais s'il passe presque entièrement sous silence cette partie des variations qui dépendent des conditions physico-chimiques, il n'en condamne pas pour autant une approche anatomique expérimentale qu'il a encouragée dans le projet d'« histologie expérimentale » de Ranvier et qu'il a commentée dans les travaux sur les phénomènes de régénération de Philippeaux et Vulpian et ceux sur les greffes animales de Paul Bert.

Il serait aisé de franchir le pas en considérant que l'approche cellulaire de la médecine expérimentale bernardienne fonde une « physiologie cellulaire » française à l'instar de ce qui se passe en Allemagne avec les travaux de Virchow et de Kölliker. N'est-ce pas Bernard lui-même qui écrit : « [...] nous avons vu qu'on s'attachait à l'étude de la *cellule*, qu'on s'appliquait à ce qu'on a appelé la *physiologie cellulaire*, à la *pathologie cellulaire* »⁵⁹ ? Canguilhem a interprété chez Claude Bernard son adoption de la perspective cellulaire allemande comme fondement de l'unité de sa physiologie générale⁶⁰, ce qui fut repris par Ranvier et Duval justifiant la « physiologie cellulaire », car la vie réside *dans* les cellules.

⁵⁵ Voir J.G. Barbara, « Biological generality and general anatomy from Xavier Bichat to Louis Antoine Ranvier », in K. Chemla, D. Rabouin, R. Chorlay, Y. Camefort (éds.), *The concept of generality in science*, à paraître.

⁵⁶ C. Bernard. *De la physiologie générale*, op. cit., p. 270.

⁵⁷ Voir J.G. Barbara, 2007, op. cit.

⁵⁸ C. Bernard, *Rev Sci*, 1875, op. cit.

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ « La vie réside exclusivement, écrit Bernard, dans les éléments organiques ; tout le reste n'est que mécanisme. Les organes réunis ne sont que des appareils construits en vue de la conservation des propriétés vitales élémentaires », cité in G. Canguilhem, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1968, p. 239.

Cependant, nous savons que, sur ce point, la pensée de Bernard n'est pas aussi fixée que chez certains de ses élèves. Pour lui, la vie n'est pas uniquement une propriété cellulaire, même s'il affirme que ce sont les cellules qui vivent et qui meurent, mais elle est surtout considérée comme inhérente à la nature protoplasmique et indépendante de la forme cellulaire⁶¹.

On est ici au cœur de l'ambiguïté de la conception de Bernard sur la vie. Car son étude par la physiologie requiert à la fois les études de structures et les études physico-chimiques. Ce ne sera qu'à l'échelle moléculaire, par les travaux du successeur de Ranvier, Jean Nageotte, qu'une réconciliation sera possible dans l'étude des relations structures-fonctions des organisations moléculaires⁶². Bernard hésite en réalité entre la fondation d'une physiologie cellulaire consacrée aux lois organotrophiques des cellules et une physiologie générale physico-chimique qui caractérise la vie par ses déterminants moléculaires indépendants de la forme des organisations cellulaires. Le retour à la valorisation des conceptions protoplasmiques par Bernard, les travaux de Dastre, et l'émergence d'un néovitalisme valorisant la « matière vivante » indiquent nettement que Bernard opte finalement pour une physiologie générale physico-chimique. Aussi nombreux sont les historiens qui voient en Bernard un véritable fondateur de la biochimie à partir d'une chimie physiologique associant primitivement la vivisection, justifiée pour recueillir les échantillons sanguins *in vivo* à l'endroit précisément visé.

Toutefois il faut rappeler que cette option bernardienne n'écarte pas totalement sa vision d'une physiologie des cellules et l'étude de leurs propriétés. Il semble même que Bernard voit cette approche comme la plus utile à la médecine expérimentale, alors que sa physiologie générale est déjà une biologie générale qui efface les limites entre le règne animal et le règne végétal. Cette physiologie cellulaire bernardienne se dessine néanmoins en pointillés dans son œuvre, en connexion avec ses travaux de pathologie expérimentale⁶³ et par des liens évidents avec la médecine, par exemple dans ses commentaires d'études de phénomènes de dégénérescence et de régénération par Waller, Philippeaux et Vulpian. Bernard cite des travaux sur des phénomènes de régénération observés chez le fœtus qu'il rapproche d'observations personnelles, faites à l'hôpital, de régénération d'un nerf sciatique chez un jeune homme après extirpation d'une tumeur volumineuse⁶⁴. Ces études valorisant nécessairement les approches anatomiques sont une sorte d'application de l'anatomie pathologique expérimentale.

Dans sa nécrologie de Bernard, l'histologiste Charles Robin a noté cette possibilité de rapprochement de la physiologie bernardienne avec l'anatomie qu'on perçoit dans les *Leçons sur les propriétés des tissus vivants* (1866) ; mais Robin regrette que Bernard n'ait pas poursuivi son projet en publiant ses « recherches expérimentales sur la formation des éléments anatomiques »⁶⁵. Pour Robin, ces études « eussent sans doute contribué à effacer plus tôt une

⁶¹ Voir L. Loison, *op. cit.*, C. Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Paris, Vrin, 1966 : « Dans ces phénomènes organiques ou histologiques, il n'y a pas nécessairement relation entre la morphologie et la phénoménalité », « ce qui prouverait que ce n'est pas à la morphologie, mais à la propriété physico-chimique que la propriété se trouve liée. »

⁶² J. Nageotte. *L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie*. Paris, Alcan, 1922. J. Nageotte. *Morphologie des gels lipoïdes*. Paris, Hermann, 1936.

⁶³ C. Bernard. *Leçons de pathologie expérimentale, op. cit.*

⁶⁴ *Ibid.*, p. 66, « Pendant mon séjour comme interne dans les hôpitaux, j'ai souvent eu l'occasion d'observer des faits de ce genre. Voici l'un des plus remarquables : une portion considérable du nerf sciatique avait été enlevée chez un jeune homme, à la suite de l'extirpation d'une tumeur volumineuse dans la région correspondante. La dissection fit reconnaître la présence du cordon nerveux au milieu des tissus pathologiques ; et, comme il était aisé de le prévoir, les muscles correspondants furent atteints d'une paralysie absolue qui s'accompagnait d'une perte complète de la sensibilité sur tous les points qui reçoivent leurs rameaux de la partie inférieure du sciatique ; et cependant, après un certain espace de temps, ces phénomènes disparurent en entier, et le membre paralysé recouvra peu à peu toutes ses fonctions. »

⁶⁵ C. Bernard. *De la physiologie générale, op. cit.*, 1867, p. 493.

distinction chaque jour plus difficile à formuler entre l'Anatomie générale, d'une part, étudiant les propriétés morphologiques et physico-chimiques des tissus et des éléments, et, d'autre part, la Physiologie générale, ayant pour attribut spécial l'étude de leurs propriétés d'ordre organique. »⁶⁶

C'est aussi en 1866 que paraît la thèse de doctorat ès sciences naturelles de Paul Bert, *Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité des tissus animaux*, dans laquelle Bernard est présenté, aux côtés de Virchow, comme le défenseur d'une physiologie dont l'unité est fondée sur la recherche des mécanismes de la vie dans l'organisation des éléments anatomiques. « Plus on pénétrera dans la profondeur des questions biologiques, écrit Paul Bert, plus on se convaincra de cette vérité, que les fonctions exécutées par les êtres vivants, celles mêmes qui semblent posséder au plus haut degré le caractère d'unité, ne sont que le produit du consensus dynamique, de la synergie d'une multitude d'éléments anatomiques harmoniquement groupés. Envisagés de ce point de vue, qu'ont surtout contribué à éclairer d'une vive lumière les travaux de M. Cl. Bernard, en France, et de M. Virchow, en Allemagne, les phénomènes physiologiques, si variés dans les divers organes d'un même animal et dans les organes similaires d'animaux différents, apparaissent avec une simplicité et une unité pleines de grandeur. »

Pour Duval, cette « physiologie cellulaire »⁶⁷ n'est pas contradictoire avec la physiologie générale de la matière protoplasmique. La question de l'adoption bernardienne de la théorie cellulaire apparaît en réalité presque secondaire face aux choix épistémologiques importants qui doivent fonder de nouvelles approches expérimentales. Parfois en effet, Bernard défend son ami Robin pour donner un peu de crédit à la théorie du blastème, mais ces questions d'« histogénèse », selon le terme de Bernard, sont finalement présentées comme des débats techniques secondaires. De la même façon, l'opinion bernardienne, selon laquelle il existe des éléments anatomiques qui ne sont pas des cellules, ne semble pas être un bon argument pour le rejet bernardien de la théorie cellulaire, tant les fibres ou tubes sont généralement davantage considérés comme des cellules modifiées, même en Allemagne.

L'ébauche de la physiologie cellulaire bernardienne se poursuit malgré les hésitations de Claude Bernard et malgré ses conceptions protoplasmiques qui semblent l'exclure sans réserve. L'histophysiologie de Ranvier et celle de Duval se développent par l'élargissement de la théorie cellulaire, la condamnation finale explicite des théories de Robin, dans le contexte de la théorie du neurone. Duval développe en particulier une théorie histophysiologique du sommeil expliquant l'alternance des états de veille et de sommeil par le déterminisme purement anatomique de la formation et la rétraction des « articulations » entre les neurones par mouvement amiboïde⁶⁸.

L'hésitation bernardienne entre deux formes de physiologie est fondée en réalité sur la question fondamentale de la détermination histologique des phénomènes vitaux qui demeure un problème redoutable jusqu'à l'entre-deux-guerres. En 1925, le physiologiste américain, Herbert Gasser (Prix Nobel de 1944) voyage en Europe et ne parvient à collaborer qu'avec un élève de Dastre, Louis Lapique, sur le déterminisme de la vitesse de conduction des fibres nerveuses dépendant de leur diamètre. Les expériences sont concluantes et les résultats publiés, mais Lapique finit par renoncer à cette idée pourtant juste en avançant qu'une propriété physiologique aussi importante ne peut dépendre d'un facteur morphologique aussi simple. En réalité les physiologistes en général ont bien compris la leçon de Claude Bernard, à ses dépens pour ce qui est de notre exemple de Lapique. Mais ils ont généralement eu raison de critiquer les spéculations histophysiologiques souvent trop hardies et lorsqu'ils ont voulu,

⁶⁶ Charles Robin, Georges Pouchet, « Claude Bernard », *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux*, 14, 1878, 1-7.

⁶⁷ Matthias Duval. *Cours de physiologie*, Paris, Baillière, 1892, préface, p. ix et p. 5.

⁶⁸ Voir J.G. Barbara. *La naissance du neurone*, Paris, Vrin, 2010.

comme le soulignera encore Alfred Fessard, l'élève de Lapicque, se défaire d'un déterminisme anatomique pur et stérilisant pour fonder une véritable *physiologie* cellulaire, une électrophysiologie cellulaire et une neurophysiologie à partir des années 1930⁶⁹.

On conclut à propos de la microscopie que Claude Bernard a perçu et explicité avec une vigueur excessive et parfois contradictoire les limites d'une science anatomique qui se développerait indépendamment de la physiologie. Bernard souhaite faire du microscope un instrument de la physiologie pour l'étude des propriétés des cellules. S'il rattache finalement les phénomènes vitaux fondamentaux et la morphologie de la matière organisée au protoplasme, c'est que les mécanismes organiques de la vie sont pour lui attachés à la matière vivante et que le maintien de la forme dépend avant tout de l'hérédité. Mais cette forme détermine néanmoins des mécanismes physiologiques qui dépendent de la nutrition et des conditions physico-chimiques qui permettent leur étude expérimentale. Aussi ne faut-il pas s'en tenir uniquement à l'évolution de la pensée bernardienne dans la seule chronologie de ses textes imprimés, mais voir dans les différentes traditions de son école les approches expérimentales parfois contradictoires, concernant leurs fondements épistémologiques, qui se font jour chez ses anciens élèves en accord avec lui.

La méthode bernardienne n'est pas en réalité celle de l'*Introduction* ou celle de certaines leçons particulières, mais celle vivante explicitée non seulement dans les textes de Bernard mais aussi dans ceux de ses élèves qu'il a soutenus au moment où chacun développait les conséquences des préceptes bernardiens de manière critique dans l'établissement de nouvelles approches particulières de la physiologie. On ne voit pas de contradiction profonde entre l'épistémologie bernardienne et celle des spécialités de la physiologie au tournant du XX^e siècle, si bien que les hésitations et contradictions de Bernard sur la définition de la vie renvoient surtout aux différentes manières irréductibles de l'étudier.

Remerciements : L'auteur remercie Chantal Barbara pour sa relecture.

⁶⁹ Claude Bernard. *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, Paris, Baillière, 1866, p. 36 : « Ce sont les propriétés des éléments histologiques, et non leurs formes, qui peuvent intéresser en physiologie. Il faut donc toujours en arriver à l'étude expérimentale des tissus, pour découvrir ces propriétés. Dès lors, l'organisation ou les formes anatomiques ne servent plus que de caractères pour reconnaître et localiser les propriétés physiologiques que l'expérience nous a révélées ; mais à priori, l'organisation n'apprend rien, et ce n'est jamais qu'un rapport à posteriori qu'on peut constater entre la forme et les propriétés d'un élément. »