



HAL
open science

Forces de rappel disciplinaires et soutien à l'interdisciplinarité dans les “ sciences stratégiques ” : l'exemple de la nanomédecine

Séverine Louvel

► **To cite this version:**

Séverine Louvel. Forces de rappel disciplinaires et soutien à l'interdisciplinarité dans les “ sciences stratégiques ” : l'exemple de la nanomédecine. Gorga, Adriana; Leresche, Jean-Philippe. Transformations des disciplines académiques : entre innovation et résistance, Archives Contemporaines, pp.46-62, 2014, 978-2-8130-0165-8. halshs-01354899

HAL Id: halshs-01354899

<https://shs.hal.science/halshs-01354899>

Submitted on 7 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.

Forces de rappel disciplinaires et soutien à l'interdisciplinarité dans les « sciences stratégiques » : l'exemple de la nanomédecine

Séverine Louvel

Pour citer cet article

Louvel, S. (2015). « Forces de rappel disciplinaires et soutien à l'interdisciplinarité dans les « sciences stratégiques » : l'exemple de la nanomédecine. » in Gorga, A. et Leresche, J. P. (eds) *Disciplines académiques en transformation: Entre innovation et résistance*, Paris : éditions des archives contemporaines.

1. Introduction

Contrairement aux discours qui célèbrent la disparition des disciplines académiques au profit de l'avènement de l'interdisciplinarité et des démarches de *problem-solving* (Gibbons, 1995 ; Nowotny, 2001), les disciplines sont toujours au centre des activités scientifiques et de l'organisation de la recherche (Weingart et Stehr, 2000). Elles restent centrales y compris dans des domaines emblématiques de la « science stratégique » (Van Lente et Rip, 1998), dans lesquels disciplines et interdisciplinarité s'enrichissent mutuellement. Nous interrogeons dès lors la manière dont les chercheurs se positionnent simultanément dans leur discipline d'appartenance et dans des projets interdisciplinaires, et travaillons ce questionnement sur l'exemple de la nanomédecine, dont nous avons étudié l'essor en France et aux États-Unis¹.

Ce chapitre analyse une « science stratégique » (la nanomédecine) dans laquelle l'avancement des connaissances et la recherche d'applications reposent sur la cohabitation des logiques de disciplinarité et d'interdisciplinarité. À partir d'une enquête dans des universités françaises et américaines, il explore les tensions auxquelles sont soumis les chercheurs. Quelles formes d'alignement ou de désalignement les chercheurs en nanomédecine expérimentent-ils lorsqu'ils s'inscrivent à la fois dans des collaborations interdisciplinaires et dans leur discipline d'appartenance ? Quelles opportunités et contraintes ce double positionnement crée-t-il pour le travail interdisciplinaire, et pour la consolidation institutionnelle de domaines interdisciplinaires ? Nous mettons en évidence la puissance des forces de rappel disciplinaires qui s'exercent au sein des professions académiques comme des institutions universitaires, ainsi que les dispositifs institutionnels qui facilitent a contrario la cohabitation des disciplines et de l'interdisciplinarité en matière de carrières, de projets et de formation à la recherche.

2. La nanomédecine : non pas une discipline, mais une science « stratégique » où coexistent disciplines et interdisciplinarité

La nanomédecine exploite à des fins médicales les nouvelles formes de manipulation du vivant qu'autorisent les nanosciences et nanotechnologies, pour trois applications principales : les

¹ Cette enquête a été menée dans le cadre du projet Hybridtrajectories (ANR 2010 Blanc - 1811 - 01) financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) en France. Elle repose notamment sur 70 entretiens avec des acteurs de la nanomédecine (responsables de projets scientifiques ou *principal investigators*, acteurs institutionnels, industriels), dont 35 en France et 35 au Texas et en Californie.

médicaments, le diagnostic et la médecine régénérative. Il s'agit d'un terme générique (« *umbrella term* ») (Van Lente et Rip, 1998), qui rassemble des travaux hétérogènes et désigne un espace (revues, conférences, appels d'offres, centres de recherche, programmes doctoraux, etc.) au sein duquel les acteurs (chercheurs, décideurs, industriels, médecins, etc.) partagent des attentes très larges. Van Lente et Rip (1998) associent la multiplication de tels espaces à la montée en puissance de la « science stratégique » (Irvine et Martin, 1984) comme régime d'action publique dans lequel la recherche répond à une multitude de promesses (scientifiques, sociales, économiques, environnementales, etc.) souvent mal définies. Initialement forgé pour rendre compte de l'évolution des attentes politiques vis-à-vis de la recherche fondamentale, le terme de « science stratégique » englobe aujourd'hui la recherche dite « translationnelle », qui vise à faciliter le passage des promesses technoscientifiques aux applications (Rip, 2011).

La nanomédecine n'est pas une discipline délimitée par un répertoire de questions, d'instruments, de méthodes ou encore de concepts, et tant « l'enjeu disciplinaire » (Cambrosio et Keating, 1983) que les stratégies de « disciplinarisation » sont absentes des actions conduites pour la structurer. Les scientifiques comme les acteurs institutionnels ne cherchent pas à en stabiliser les frontières (ce qui reviendrait selon eux à « fermer » prématurément le domaine), mais soulignent plutôt les potentialités biomédicales quasi-illimitées des nanotechnologies. L'interdisciplinarité² est au cœur de la nanomédecine, où elle se pratique sur le mode de la « complémentarité » (Vinck, 2000 : 85-86) dans lequel « les acteurs recherchent, avant tout, la complémentarité des compétences disciplinaires pour traiter de manière conjointe une question (...). Dans ce modèle d'interdisciplinarité, au-delà d'une simple juxtaposition des apports disciplinaires, les chercheurs explorent les points d'articulation entre leurs savoirs afin de concourir à un objectif commun ». Cette complémentarité s'opère de manière séquentielle, chaque discipline s'appuyant sur les résultats obtenus par les autres aux étapes précédentes du projet :

Vous avez besoin de physiciens pour caractériser les nano-objets à l'échelle supramoléculaire. Vous avez besoin de physico-chimistes pour étudier la stabilité des nano-objets, leurs caractéristiques de surface, etc. Vous avez besoin de chimistes des matériaux pour synthétiser les matériaux qui vont permettre la formulation sous forme de nanomédicaments. (...) Et puis in fine de cliniciens qui soient suffisamment spécialisés dans le domaine du nanomédicament pour pouvoir faire la translation, la traduction en nanomédecine clinique. (Entretien 9, France, professeur en pharmacie)

Les chercheurs assignent deux objectifs à l'interdisciplinarité. D'une part, elle vise à étendre la palette des instruments et des méthodes qu'utilisent les disciplines engagées dans les projets interdisciplinaires³. D'autre part, elle est vue comme une condition *sine qua non* de la recherche d'applications biomédicales, le long d'une chaîne d'interdépendances qui va d'une recherche dite « fondamentale » (synthèse et caractérisation d'un objet, dispositif ou matériau) à une recherche qualifiée de « translationnelle » (étude des conditions d'utilisation de l'objet comme médicament ou dispositif médical).

Ainsi, les chercheurs en nanomédecine appartiennent-ils à une discipline, tout en inscrivant leurs travaux dans des projets interdisciplinaires. Ce double positionnement structure fortement leurs trajectoires scientifiques. S'ils soulignent les vertus de l'interdisciplinarité, et adhèrent à ce titre aux politiques institutionnelles qui visent à la promouvoir, les chercheurs insistent également sur les attentes

² Nous définissons ici largement l'interdisciplinarité comme une combinaison de savoirs qui transforme les disciplines en présence, et la distinguons tant de la pluridisciplinarité (la juxtaposition de savoirs disciplinaires dont les disciplines sortent intactes) que de la transdisciplinarité (l'intégration de plusieurs disciplines) (Vinck, 2000 ; Weingart et Stehr, 2000).

³ Plusieurs sociologues des sciences ont souligné que les nanotechnologies enrichissent la palette des ressources instrumentales et cognitives que les chercheurs peuvent mobiliser au sein de leur discipline (Schummer, 2004 ; Rafols et Meyer, 2007 ; Marcovich et Shinn, 2011).

divergentes auxquelles ils répondent, qu'ils vivent comme des injonctions contradictoires (avancée interdisciplinaire des connaissances vs. reconnaissance disciplinaire), ou comme une forme de cadrage plus ou moins contraignant de leur espace de choix (recherche d'applications par l'interdisciplinarité vs. dynamique du questionnement scientifique au sein de leur discipline).

3. Pour les chercheurs en nanomédecine, des attentes difficiles à concilier

3.1. Vertus de l'interdisciplinarité dans les sciences, mais cadre disciplinaire de la reconnaissance académique

Les chercheurs rencontrés sont de fervents défenseurs de l'interdisciplinarité comme moteur du progrès scientifique. Or, ils présentent simultanément l'interdisciplinarité comme une démarche ingrate et risquée, qu'ils déconseillent à ce titre aux chercheurs (notamment aux plus jeunes) avant tout préoccupés par des enjeux de carrière. En effet, elle exacerbe les difficultés associées aux changements de problème (*problem change*) dans les sciences, identifiées par plusieurs sociologues (Gieryn, 1978 : 105-106) : elle nécessite des investissements cognitifs lourds qui ralentissent les carrières ; elle introduit des ruptures ou des bifurcations là où l'évaluation institutionnelle et la construction des réputations privilégient la spécialisation et la continuité. Seuls les chercheurs les plus réputés ont le privilège d'« emporter » avec eux leur reconnaissance lorsqu'ils changent de domaine, ce qui manifeste la force de « l'effet Matthieu » dans les sciences (Merton, 1968).

L'interdisciplinaire, c'est long comme processus. Vous voyez, si j'explique à quelqu'un, t'as passé 2 ans à discuter avec des gars pour savoir si tu peux faire quelque chose ?? Par contre, à terme, sur le moyen terme, le bilan sur 10 ans, il est bon. Si vous prenez le bilan sur 3 ans, 4 ans, non. Les 4 premières années, non, il était nul. (Entretien 26, France, biologiste)

La reconnaissance de la recherche interdisciplinaire se heurte par ailleurs au poids du « régime disciplinaire » (Shinn, 2000) lors de l'évaluation des articles ou des projets. Dans les deux cas, les chercheurs soulignent la difficulté des évaluateurs à juger de la qualité de contributions interdisciplinaires, leur tendance à se référer à des standards disciplinaires⁴ parfois inappropriés :

Les journaux traditionnels en biochimie ne connaissent pas ces concepts. Vous avez une nanoparticule, vous n'avez pas de protéine, vous n'ajoutez pas d'enzyme, vous n'ajoutez pas d'anticorps. (Entretien 33, Californie, chimiste)

Les relecteurs appartiennent aux disciplines établies. Et vous, vous commencez à construire à partir de rien. Et ces personnes n'y comprennent rien. Donc, dans toute recherche interdisciplinaire, la grande difficulté est que vous êtes systématiquement mal évalué du point de vue de cette discipline ou de celle-là. Donc vous n'êtes pas publié, vous n'avez pas de financement. (Entretien 28, Californie, physicien)

Par ailleurs, l'appréciation de la valeur scientifique des revues demeure étroitement disciplinaire, ce qui freine les carrières des chercheurs engagés dans des projets interdisciplinaires :

L'évaluation est très sectorielle. Donc... vous dites à un bon biologiste que vous publiez dans Biosensors and Bioelectronics, ça va pff.... Si vous publiez dans la Gazette Locale que ce sera

⁴ Lamont et al. (2006) l'ont bien montré dans leur analyse de la construction du jugement dans des jurys interdisciplinaires d'évaluation de projets en SHS.

à peu près la même chose. Or il se trouve que cette revue-là, c'est la première revue de la catégorie des microsystèmes. (Entretien 26, France, biologiste)

L'offre expansionniste (voire inflationniste !) de revues interdisciplinaires en nanotechnologies⁵, n'agrandit pas significativement l'espace de reconnaissance scientifique pour ces travaux. En effet, et hormis quelques exceptions, ces revues souffrent d'un manque de légitimité (faible visibilité, ou absence de rattachement à une discipline) :

Mes collègues neurologues me disent qu'on doit publier dans les revues traditionnelles pour augmenter notre crédibilité. Donc le Journal of Neuro Trauma qui a un facteur d'impact de 4 ou 5, plutôt qu'ACS Nano qui a un facteur d'impact de 11.5, 12, mais qui est moins établi dans leur domaine. (Entretien 33, Californie, chimiste)

Aujourd'hui, l'offre de publications en nanomédecine a répondu à la demande qui était de dire quand on est dans une équipe pluridisciplinaire, je ne peux pas publier mon article dans un journal de biologie parce qu'il va être considéré pas assez « biologie » (...). Par contre, c'est un domaine où quelques journaux ont de très forts facteurs d'impact, comme Small ou ACS Nano, donc c'est très difficile quand même de faire passer les papiers ; et après il y a je dirais un vide de journaux moyens ; on passe assez vite à des journaux à facteur d'impact à 1,5, 2 au grand mieux, mais plutôt 1,5. (Entretien 31, France, physico-chimiste)

Enfin, s'agissant de l'évaluation des projets de recherche, les chercheurs regrettent que la persistance de pratiques disciplinaires affaiblisse la politique de promotion de l'interdisciplinarité des agences de financement :

Pour le NIH⁶, vous devez maintenant avoir une équipe interdisciplinaire. Mais ensuite dans l'évaluation des projets, c'est dur de trouver des personnes qui comprennent les projets interdisciplinaires, chacun est expert sur un sujet. C'est pour cela que les projets en bioingénierie s'en sortent mal, il y a toujours un point faible quand on couvre des domaines très différents. Quand j'évalue des projets NIH, j'entends dire dans le comité il n'y a pas assez de biologie, pas assez de chimie ou de science des matériaux. » (Entretien 9, Californie, bioingénierie)

Un sentiment partagé est que la forte compétition sur les appels d'offre donne une prime aux projets disciplinaires, considérés comme moins risqués⁷ :

Ce qui est absolument certain, c'est que le manque d'argent en recherche conduit à ce que les gens restent cantonnés dans leur discipline, dans les domaines sur lesquels ils sont mineurs. Ils ne prendront aucun risque. Parce que c'est s'exposer à une catastrophe. (Entretien 15, France, physicien)

3.2. Une interdisciplinarité au cœur de la recherche « translationnelle », mais inégalement favorable à la dynamique du questionnement scientifique

⁵ Dans les années 1990, plus de 160 revues en nanotechnologies ont été créées (Grieneisen, 2010), un bon nombre ayant toutefois rapidement disparu.

⁶ National Institute of Health, principale agence fédérale de financement de la recherche biomédicale aux États-Unis.

⁷ Attestée par la baisse du pourcentage de succès aux appels d'offre des agences de financement (plus forte toutefois aux États-Unis qu'en France) (Stephan, 2012).

La nanomédecine s'inscrit clairement dans le régime utilitaire (Shinn, 2000) et vise à répondre à des demandes sociales (amélioration de la qualité des soins, économies pour les systèmes de santé publique, etc.). L'interdisciplinarité y est considérée, comme nous l'avons souligné ci-dessus, comme une condition *sine qua non* de la recherche d'applications biomédicales. Il s'agit ici d'une interdisciplinarité « élargie » à un dialogue avec l'ensemble des chercheurs (toxicologues, pharmaciens, cliniciens, etc.) qui disposent d'une expertise en matière de recherche translationnelle, autrement dit de conduite des recherches depuis le laboratoire jusqu'au lit du patient (selon l'expression consacrée « *from bench to bedside* »).

Cette interdisciplinarité poursuit plusieurs objectifs. Tout d'abord, elle permet d'anticiper, tout au long du projet, les contraintes de « l'objectivité réglementaire » (Cambrosio et al., 2009), définie comme les normes, guidelines, standards, auxquels la délivrance d'autorisations d'essais cliniques est soumise, et qui apporte des questions souvent absentes de la recherche fondamentale (stabilité, reproductibilité, toxicologie, biocompatibilité, etc.) :

Les gens qui font des nanoparticules métalliques aujourd'hui, à mon avis ils peuvent être tranquilles, ils ne sont pas prêts d'en vendre une à une industrie de la pharmacie. Parce que ce concept ne peut plus être accepté. On n'utilisera que des nanoparticules qui sont biodégradables. (Entretien 17, France, biochimiste)

Ensuite, les partenariats avec les cliniciens permettent d'identifier les problèmes cliniques auxquels répondront les recherches fondamentales. Enfin, ils donnent aux laboratoires universitaires un accès privilégié à des cellules ou tissus prélevés sur des malades, sur lesquels des tests sont réalisés.

Cette interdisciplinarité élargie influence la définition des stratégies scientifiques (choix des matériaux, des voies d'administration, etc.). Elle cadre de ce fait les recherches fondamentales, et est souvent perçue comme vertueuse pour préciser les objectifs et choisir certaines options :

Le plus dur, quand on fait de la recherche, c'est de savoir pourquoi. Quand on est dans son labo, on est dans son monde et on se crée un faux cahier des charges. On fait le produit et après les gens disent là il n'y a pas de besoin. On a eu un exemple, on a cherché à faire financer une preuve de concept sur le cancer du sein sur des rats. On montre que ça se développe beaucoup moins avec notre particule, mais on nous a dit, on s'en fout, ça se traite, à l'heure actuelle. Personne ne va financer des traitements pour aller jusqu'au bout. (Entretien 33, France, chimiste)

Certains chercheurs y voient par ailleurs la garantie que la recherche biomédicale remplit ses missions. Ils plaident pour un soutien institutionnel à cette interdisciplinarité, et dénoncent l'académisme excessif dans lequel les cadres d'évaluation disciplinaires tendent à les enfermer :

La dynamique de la recherche, qui fait que tout le monde est évalué à l'aune des publications, pousse les gens à axer leur travail sur la production d'un livrable qui est la publication. Beaucoup de gens décrivent des applications pour la médecine qui n'ont pas la moindre chance d'être utilisées parce que ça contredit les règles alimentaires, sanitaires (...) ils voient que quand ils mettent des nanoparticules métalliques sur une souris, ils détruisent la tumeur. Et ils sont contents avec ça. Mais ce n'est pas une recherche faite pour passer chez l'homme, c'est une recherche purement cognitive. Et si cette pratique est trop répondue, c'est parce que si le graal c'est de faire une publication, bah ça suffit, les souris. (Entretien 17, France, biochimiste)

Toutefois, ce dialogue interdisciplinaire bénéficierait moins aux dynamiques scientifiques les plus innovantes. En effet, celles-ci suscitent la réticence du monde médical, à l'inverse des innovations qui apportent des progrès tangibles⁸, sans bouleverser les pratiques de diagnostic ou de soin :

Les cliniciens ont tendance à être sceptiques vis-à-vis de technologies dont ils ne sont pas familiers. Ils se sentiraient à l'aise avec des instruments de diagnostic qui apportent des améliorations incrémentales, une nouvelle version de ce qu'ils utilisent déjà. Mais cette technologie consiste à importer quelque chose du domaine cardiovasculaire pour l'appliquer à l'œil, et c'est un grand écart pour le chirurgien avec lequel je communique beaucoup. (Entretien 5, Californie, ophtalmologie)

La faible structuration des réseaux de la recherche clinique accroît parfois le conservatisme du monde médical. C'est le cas des maladies multifactorielles pour lesquelles une approche symptomatique a longtemps prévalu sur une approche biologique et moléculaire que les praticiens connaissent mal (Rabeharisoa et Bourret, 2009). Les collaborations entre chercheurs et cliniciens sont peu structurées et les prises de contact spontanées aboutissent rarement :

Pour quelqu'un comme moi qui fais de la recherche fondamentale, poser un projet à la maladie d'Alzheimer à l'Agence Nationale de la Recherche c'est quasiment impossible. [Question. Sans avoir les réseaux?] Voilà, sans avoir le réseau, sans avoir les médecins... Je pense qu'en cancer avec tous les programmes qu'il y a eu c'est un peu moins vrai, il y a beaucoup plus d'échanges entre chercheurs et médecins, mais pour la maladie d'Alzheimer par exemple c'est encore tout à fait ça. (Entretien 14, France, biophysicien)

Les chercheurs jugent alors essentiel que les tutelles et les agences de financement leur laissent toute latitude pour explorer des voies qui n'intéressent pas (encore) le monde médical. Dès lors, ils dénoncent une pression institutionnelle à apporter très en amont, dès la conception des projets, des preuves de l'utilité médicale de leur recherche, par souci de « rentabiliser » les investissements publics dans le domaine. En particulier, les agences de financement leur paraissent de moins en moins favorables aux recherches « fondamentales » sur le plan épistémologique (i.e. non liées à la résolution d'un problème spécifique, même si elles apportent des connaissances qui contribuent à résoudre plusieurs sortes de problèmes) (Calvert, 2006). Cette pression leur semble porter préjudice à l'avancée des connaissances dans leur spécialité, surtout lorsqu'elle conduit les évaluateurs des projets à privilégier le potentiel d'applications à leur rigueur scientifique :

Le NIH a consciemment mis l'accent sur l'innovation et la pertinence. J'évalue beaucoup de projets pour eux et il faut vraiment aborder cela très explicitement. On arrive à un point où innovation et pertinence sont plus notées que les petits détails de la procédure expérimentale ou de la méthode. (Entretien 27, Texas, bioingénierie médicale)

Au total, les chercheurs en nanomédecine voient le positionnement simultané dans une discipline et des projets interdisciplinaires comme vertueux, mais difficile à tenir tout au long d'une trajectoire scientifique individuelle. Ils restent attachés aux disciplines et souhaitent les enrichir par leurs engagements interdisciplinaires : soit en mobilisant des instruments, concepts ou méthodes d'autres disciplines ; soit en ciblant, grâce à des collaborations interdisciplinaires élargies à la recherche clinique, les objets les plus pertinents pour la recherche biomédicale. Les obstacles à cet objectif proviennent tant des communautés scientifiques que des politiques institutionnelles. D'une part, l'interdisciplinarité est

⁸ Par exemple, l'utilisation d'une nanoparticule comme agent de contraste pour l'imagerie, pour éclairer les cellules cancéreuses et ainsi guider le geste du chirurgien dans l'ablation de la tumeur.

souvent victime des bastions disciplinaires qui structurent la profession, et conservent une suprématie dans l'attribution de la reconnaissance académique. D'autre part, les disciplines peuvent souffrir de pressions institutionnelles aux partenariats avec le monde médical qui, uniformément exercées, découragent les questionnements scientifiques les plus innovants.

Les logiques disciplinaires et interdisciplinaires se superposent aussi dans la structuration institutionnelle de la nanomédecine. Comme nous l'avons souligné ci-dessus, les acteurs ne cherchent pas à faire de celle-ci une discipline, mais veulent pérenniser des espaces interdisciplinaires (événements, instances professionnelles, appels d'offre...) transversaux aux institutions disciplinaires. L'absence d'enjeu disciplinaire apparaît comme une arme à double tranchant, propice au développement des projets, mais défavorable à l'ancrage de la nanomédecine dans les institutions en place, notamment universitaires.

4. L'absence d'enjeu disciplinaire, une arme à double tranchant pour pérenniser la recherche interdisciplinaire en nanomédecine

4.1. Une ressource pour développer des projets...

S'ils ironisent parfois sur l'apposition du label « nano » à de multiples travaux, les chercheurs considèrent plutôt la multiplication des lieux destinés à promouvoir la nanomédecine comme une ressource pour développer leurs réseaux scientifiques, et multiplier les audiences à leurs travaux. Ils investissent en effet trois types de forums scientifiques. Tous restent fidèles aux conférences généralistes de leur discipline, qui ont pour la plupart aménagé des espaces de présentation des travaux de nanomédecine. Ils identifient les participants à ces conférences comme les membres de leur communauté scientifique, et voient dans les sessions consacrées à la nanomédecine un moyen de positionner les nanotechnologies dans la palette des outils que partage cette communauté :

Je ne vais pas à de nouvelles conférences. Mais toutes les grandes conférences et associations ont adapté leur programme pour avoir des domaines centrés sur les nanos. Par exemple la société d'optique a un groupe dans le domaine de la nano-optique et de la nano-photonique. SPIE aussi envoie un mail régulièrement sur ce qui se passe en nano-photonique, IEEE fait la même chose. (Entretien 34, Texas, traitement du signal)

Certains chercheurs investissent en parallèle les conférences et associations interdisciplinaires dédiées à la nanomédecine, souvent dans l'objectif d'acquérir une expertise ciblée. D'autres enfin participent aux conférences (également interdisciplinaires) consacrées à la pathologie qu'ils étudient, pour développer leurs réseaux dans la recherche clinique, ou confronter leur approche aux stratégies cliniques alternatives.

L'absence d'enjeu disciplinaire permet aussi de maintenir un portefeuille diversifié de financements, et de bénéficier des soutiens institutionnels à la recherche interdisciplinaire. Les chercheurs en nanomédecine accèdent principalement à deux types de financements contractuels. Tout d'abord, ils sont financés en tant que responsables scientifiques d'un contrat de recherche (*individual principal investigator grants* aux États-Unis) pour lequel ils coordonnent une équipe interdisciplinaire. Ces responsables scientifiques « émargent » aux programmes dédiés à la nanomédecine (créés pour une

durée limitée)⁹, à leurs programmes disciplinaires, enfin à des programmes interdisciplinaires consacrés aux technologies pour la santé, ou aux innovations thérapeutiques. Pour tirer profit de cette multiplicité de financements, les chercheurs pratiquent une « gymnastique intellectuelle » (Hubert et al., 2012), par laquelle ils délimitent différemment le contenu et les frontières de leurs recherches selon leurs commanditaires (Gieryn, 1983) :

Selon à qui on demande de l'argent, on peut positionner ce qu'on fait dans un contexte plutôt biomédical, ou plutôt nanotechnologique. Nous proposons des plates-formes technologiques qui peuvent s'appliquer aux biomatériaux, ou au biomédical. (Entretien 10, Californie, ingénierie chimique)

Ensuite, les chercheurs participent aux grands programmes nationaux qui visent à structurer quelques pôles interdisciplinaires en nanomédecine. Ces programmes financent souvent des infrastructures (plateformes de fabrication, de caractérisation ou de test), ainsi que les opérations de rapprochement entre recherche fondamentale et recherche clinique. Aux États-Unis, le *National Institute of Health* a financé plusieurs centres dans le cadre d'une initiative fédérale de promotion des nanotechnologies lancée en 2000 (la *National Nanotechnology Initiative*). En 2004-2005, le NIH a ainsi créé sur appel à projets huit « centres de développement de la nanomédecine », ainsi qu'une « Alliance pour les nanotechnologies contre le cancer » (qui comporte de 2005 à 2010 huit centres d'excellence, douze plateformes partenariales et onze équipes interdisciplinaires d'enseignement et de recherche). En France, le programme des « Investissements d'avenir » lancé en 2010 par le ministère de la recherche a soutenu la création d'un centre de recherches sur les nano-médicaments situé sur le campus de Paris-Saclay¹⁰.

4.2. ... mais un obstacle à la pérennisation de pôles de nanomédecine dans les universités

L'interdisciplinarité constitue bien une ressource stratégique (cf. chapitre 1 de C. Paradeise et al. dans ce volume) grâce à laquelle les chercheurs en nanomédecine diversifient leurs audiences et augmentent le volume de leurs financements. Toutefois, les grands programmes ne bénéficient pas, par définition, à l'ensemble de la nanomédecine, mais concentrent les ressources sur des régions ou des priorités thématiques, et pour une durée limitée. Aux États-Unis notamment, le soutien à la recherche contre le cancer suscite de fortes critiques parmi les chercheurs en nanomédecine qui travaillent sur des pathologies moins prioritaires dans les agendas politiques. Par ailleurs, si la multiplication des appels d'offre facilite la conduite de projets en nanomédecine, elle n'abolit pas les obstacles à la pérennisation des activités interdisciplinaires au sein des institutions universitaires. L'absence d'enjeu disciplinaire apparaît ici comme un handicap pour affirmer la présence de la nanomédecine dans la recherche et l'enseignement universitaires.

Les disciplines structurent de plusieurs manières le système français d'enseignement supérieur et de recherche. Leur poids est tout d'abord visible dans le rattachement institutionnel des laboratoires de recherche¹¹, qui représentent l'unité organisationnelle au sein de laquelle les chercheurs français conduisent leurs projets, et obtiennent certaines ressources de leurs tutelles, comme du personnel et des

⁹ Aux États-Unis, ces financements individuels sont accordés par des agences fédérales (en particulier par le *National Institute of Health* et la *National Science Foundation*) et des départements d'Etat (*Department of Energy*, *Department of Defense*). Les chercheurs français bénéficient quant à eux de financements de l'Agence Nationale de la Recherche et de financements européens (notamment, réseau d'excellence Nano2Life créé en 2004 dans le 6^{ème} PCRD ; programmes Euronanomed initiés en 2009 dans le 7^{ème} PCRD).

¹⁰ Ce centre est l'une des composantes du laboratoire d'excellence (LABEX) Nano-Saclay, pôle interdisciplinaire qui regroupe environ 340 chercheurs.

¹¹ La plupart sont des « Unités Mixtes de Recherche » sous cotutelle d'universités et d'établissements publics de recherche.

équipements (Louvel, 2011). Or, plusieurs laboratoires engagés dans des projets de nanomédecine sont rattachés à une discipline principale¹², ce qui relègue l'interdisciplinarité à une place marginale difficilement tenable au quotidien :

Il faut une masse critique dans chaque discipline. Le chimiste perdu au milieu de biologistes n'a pas besoin des mêmes appareils que le biologiste qui travaille sur la souris, l'échelle de temps n'est pas la même. (Entretien 35, France, chimiste et biologiste moléculaire)

Ensuite, les disciplines structurent également les départements universitaires et les écoles doctorales (responsables de l'organisation et du financement de la formation doctorale). Les chercheurs français évoquent souvent cette structuration disciplinaire comme un obstacle courant à la création de programmes de formation interdisciplinaires, qui peut toutefois être surmonté par des initiatives du corps professoral, ou par des directives institutionnelles (Louvel, 2013). Ainsi, des universitaires ont-ils contourné les bastions disciplinaires locaux en créant des formations internationales (notamment, des masters internationaux qui ont reçu la labellisation européenne Erasmus Mundus). Par ailleurs, des dirigeants d'université ont forcé leurs départements à jouer la carte de l'interdisciplinarité en regroupant leurs formations, pour rendre l'offre de formation plus visible, ou pour afficher son caractère innovant et/ou professionnalisant.

Enfin, l'empreinte des disciplines reste très forte dans les instances nationales de gestion des carrières académiques. La plupart des commissions nationales chargées du recrutement des chercheurs dans les établissements publics sont disciplinaires, de même que l'instance nationale qui qualifie aux fonctions de maître de conférences et de professeur des universités¹³. La forte pression à rester dans des « rails » disciplinaires pour faire une carrière académique s'exerce alors dès le doctorat : *Ici c'est un labo de physique, moi si je prends un thésard en bio, je lui plombe son avenir. Ça sera une carte de visite d'avoir bossé ici, mais ça risque de ne pas l'aider à rentrer dans la recherche publique.* (Entretien 22, France, physicienne)

Amenés à réfléchir aux systèmes universitaires particulièrement propices à la reconnaissance institutionnelle de l'interdisciplinarité, plusieurs chercheurs français évoquent alors les universités américaines :

Ce que j'aime à prendre comme exemple, c'est plutôt mes collègues anglo-saxons, où dans un même labo, ils n'hésitent pas à recruter des gens qui ont des parcours très différents, avec des physiciens qui vont côtoyer des biologistes, vraiment dans le même labo. (Entretien 27, France, biophysique)

Ce faisant, ils présentent une vision idéalisée de la pratique de l'interdisciplinarité aux États-Unis, alors que la constitution d'équipes-projets interdisciplinaires n'y est pas sans risque : elle repose sur la capacité du *principal investigator*, seul professeur titulaire de l'équipe, à obtenir un flux continu de contrats pour rémunérer les doctorants et post-doctorants de son équipe. Le caractère très compétitif des financements pour la recherche biomédicale soumet cette activité quasi-entrepreneuriale à de fortes incertitudes (Stephan, 2012). Par ailleurs, leurs analyses portent davantage sur la facilité avec laquelle leurs homologues américains créent une équipe le temps d'un projet que sur la capacité du système universitaire américain à pérenniser des pôles interdisciplinaires. Ainsi, lorsque l'on s'intéresse aux éléments qui facilitent l'ancrage de la nanomédecine dans le système universitaire américain, la

¹² Il existe naturellement des contre-exemples, et les tutelles (universités et institutions de recherche) ont précisément créé des laboratoires interdisciplinaires de nanomédecine pour contrer un modèle disciplinaire jugé trop prégnant en France.

¹³ Le conseil national des universités. L'obtention de cette qualification est nécessaire pour se porter candidat sur les postes ouverts dans les universités.

différence principale avec la France réside-t-elle dans l'absence d'instances nationales de gestion des carrières, susceptibles de soumettre l'évaluation de l'ensemble du corps professoral à des critères disciplinaires. La décentralisation du système universitaire américain conduit *in fine* à une grande diversité de modèles organisationnels (collaborations entre départements, poids des disciplines dans l'évaluation des programmes et des professeurs, etc.) plus ou moins propices à l'institutionnalisation de structures interdisciplinaires.

Certaines universités américaines font de l'interdisciplinarité une stratégie de développement et d'avantage comparatif vis-à-vis de leurs concurrentes. Elles inscrivent pour ce faire l'interdisciplinarité au cœur de leurs structures et de leur gouvernance organisationnelle (cf. Chapitre 2 de J.-C. Thoenig dans ce volume). Elles créent notamment des départements et des programmes interdisciplinaires qui leur permettent de former un vivier d'étudiants et de recruter des professeurs. Ces universités tempèrent souvent le poids des disciplines dans les carrières académiques :

Notre université a reconnu il y a longtemps déjà que les frontières traditionnelles entre les départements n'ont aucun sens, biologie cellulaire, génétique, biologie du développement, biochimie. Donc ces départements ont fusionné. De même avant les doctorants étaient diplômés en biologie cellulaire ou en génétique. Maintenant ils sont formés dans un programme doctoral qui combine ceux des quatre départements. Certaines universités sont contre au nom d'une certaine pureté idéologique. (Entretien 11, Californie, biologiste cellulaire)

À l'inverse, dans d'autres universités, l'interdisciplinarité s'institutionnalise en respectant les prérogatives des départements disciplinaires. Cela passe parfois par la création d'un département interdisciplinaire (par exemple, d'ingénierie biomédicale), qui contourne le bastion des départements établis :

Les départements d'ingénierie peuvent avoir des réactions viscérales à propos de la biologie, qu'ils voient comme une science plus molle que l'ingénierie traditionnelle. Pour eux la biologie n'a pas sa place dans les écoles d'ingénieurs, certainement pas au niveau de légitimité d'un département. (Entretien 20, Californie, bioingénieur)

Enfin, beaucoup d'universités américaines instaurent des dispositifs transversaux qui se superposent aux départements, et autorisent des formes de décroisement (parfois symboliques), telles que l'affiliation des professeurs à plusieurs départements (*joint-appointments*), ou des groupes doctoraux inter-départements :

La plupart des départements ont un programme doctoral. En plus de cela nous avons un groupe doctoral en biophysique (graduate group) qui n'est affilié à aucun département. C'est un mécanisme fantastique que beaucoup d'universités américaines ont adopté, et qui permet par exemple à un doctorant du département de génie électrique de venir travailler avec moi. Donc ces cinq dernières années j'ai encadré une douzaine d'étudiants d'au moins cinq départements. (Entretien 3, Californie, chimiste)

5. Conclusion

Pour conclure, la nanomédecine apporte un exemple intéressant d'un domaine scientifique dans lequel les chercheurs louent les vertus de l'interdisciplinarité, redoutent les forces de rappel disciplinaires (difficulté des professions académiques à évaluer les projets et les publications interdisciplinaires, poids

des disciplines dans l'organisation de la recherche et de l'enseignement universitaire), mais ne souhaitent pas pour autant la fin des disciplines. Ce faisant, un fort consensus émerge quant aux risques auxquels s'exposent les chercheurs qui travaillent à l'interdisciplinaire, et quant à la fragilité des projets interdisciplinaires dans les universités et les établissements de recherche. Dès lors, trois types de dispositifs institutionnels paraissent à même de faire fructifier la cohabitation entre les logiques de disciplinarité et d'interdisciplinarité.

Les premiers légitiment les carrières interdisciplinaires : ils accordent moins de poids aux publications dans les revues centrales d'une discipline, diversifient les critères d'évaluation pour inclure notamment les démarches de *problem-solving*, et reposent sur des temporalités plus longues (reconnaissant ainsi que l'interdisciplinarité est synonyme de prise de risques). Ces dispositifs paraissent plus répandus, et plus faciles à mettre en place, dans un système universitaire décentralisé comme le système américain, où les universités gèrent les carrières professorales, que dans un système centralisé où la gestion des carrières académiques dépend en partie d'instances nationales disciplinaires, comme le système français.

Les seconds facilitent sur le long-terme la conduite de projets interdisciplinaires : ils permettent de structurer, au-delà des financements individuels de court-terme (3 à 5 ans), des lieux où pratiquer l'interdisciplinarité. Les chercheurs y trouvent des ressources instrumentales (plateformes technologiques, équipements pour la recherche translationnelle) et intellectuelles (échanges récurrents avec des chercheurs d'autres disciplines, et de la recherche clinique). Aux États-Unis, et dans une moindre mesure en France, de tels lieux (réseaux, centres de recherche, etc.) ont été créés grâce à des grands programmes nationaux (ainsi qu'européens dans le cas français). Se pose toutefois la question de la concentration des ressources ainsi obtenues sur quelques lieux ou thématiques prioritaires, ainsi que de la pérennité de lieux qui dépendent de financements contractuels.

Enfin, les derniers dispositifs institutionnels entretiennent un vivier de jeunes chercheurs formés à l'interdisciplinarité : programmes interdisciplinaires de master et de doctorat ; circulation de doctorants entre laboratoires de plusieurs disciplines ; co-encadrement des thèses, etc. En France comme aux États-Unis, la formation interdisciplinaire ne va pas de soi et se heurte à la structuration traditionnelle des universités en départements disciplinaires (lesquels, faute parfois de pouvoir être réformés, sont alors contournés par la création de dispositifs transversaux ou de départements interdisciplinaires).

Références

- CALVERT J., "What's special about basic research? ", *Science, Technology and Human Values*, vol. 31, n° 2, 2006, pp. 199-220.
- CAMBROSIO A., KEATING P., "The Disciplinary Stake: The Case of Chronobiology", *Social studies of Science*, vol. 13, n° 3, 1983, pp. 323-353.
- CAMBROSIO A., KEATING P., SCHLICH T., WEISZ, G., "Biomedical Conventions and Regulatory Objectivity", *Social studies of Science*, vol. 39, n° 5, 2009, pp. 651-664.
- GIBBONS A., LIMOGES C., NOWOTNY H., SCHWARZMAN S., SCOTT P., TROW M., *The new production of knowledge, The dynamics of science and research in contemporary societies*, London, SAGE Publications, 1995.
- GIERYN T. F., "Problem retention and problem change in science", *Sociological Inquiry*, 1978, pp. 96-115.

- GIERYN T. F., "Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists", *American Sociological Review*, vol. 48, n° 6, 1983, pp. 781-795.
- GRIENEISEN M. L., "The proliferation of nano journals", *Nat Nano*, vol. 5, n° 12, 2010, pp. 825-825.
- HUBERT M., CHATEAURAYNAUD F., FOURNIAU J.-M., "Les chercheurs et la programmation de la recherche : du discours de démarcation à la construction de sens ", *Quaderni*, n° 77, janvier 2012, pp. 85-96.
- IRVINE J., MARTIN B. R., *Foresight in science: Picking the Winners*, London and Dover, F. Pinter, 1984.
- LAMONT M., MALLARD G., GUETZKOW J., "Beyond blind faith: overcoming the obstacles to interdisciplinary evaluation. ", *Research Evaluation*, vol. 15, n° 1, 2006, pp. 43-55.
- LOUVEL S., *Des patrons aux managers. Les laboratoires de la recherche publique depuis les années 1970.*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2011.
- LOUVEL S., "Understanding change in higher education as bricolage: how academics engage in curriculum change" *Higher Education*, vol. 66, n° 6, 2013, pp. 669-691.
- MARCOVICH A., SHINN T., "Where is disciplinarity going? Meeting on the borderland", *Social Science Information*, vol. 50, n° 3-4, 2011, pp. 582-606.
- MERTON R. K., "The Matthew Effect in Science The reward and communication systems of science are considered", *Science*, vol. 159, n° 3810, 1968, pp. 56-63.
- NOWOTNY H., GIBBONS A., SCOTT P., *Rethinking science: Knowledge and the Public in an age of uncertainty*, London, Polity Press and Blackwell Publishing, 2001.
- RABEHARISOA V., BOURRET P., "Staging and Weighting Evidence in Biomedicine", *Social studies of Science*, vol. 39, n° 5, 2009, pp. 691-715.
- RAFOLS I., MEYER M., "How cross-disciplinary is bionanotechnology? Explorations in the specialty of molecular motors", *Scientometrics*, vol. 70, n° 3, 2007, pp. 633-650.
- RIP A., "Science Institutions and Grand Challenges of Society: A Scenario", *Asian Research Policy*, vol. 2, 2011, pp.1-9.
- SCHUMMER J., "Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology", *Scientometrics*, vol. 59, n° 3, 2004, pp. 425-465.
- SHINN T., "Axes thématiques et marchés de diffusion. La science en France, 1975-1999.", *Sociologie et sociétés*, vol. XXXII, n° 1, printemps 2000, pp. 1-23.
- STEPHAN P. E., *How economics shape science* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 2012.
- VAN LENTE H., RIP A., "The Rise of Membrane Technology: From Rhetorics to Social Reality", *Social studies of Science*, vol. 28, n° 2, 1998, pp.221-254.
- VINCK D., *Pratiques de l'interdisciplinarité : mutations des sciences, de l'industrie et de l'enseignement*, Grenoble: PUG, 2000.
- WEINGART P., STEHR, N. (eds.), *Practising Interdisciplinarity*, Toronto: University of Toronto Press, 2000.