

L'interdisciplinarité dans la recherche scientifique 35 ans d'expérience au CNRS Un passé brillant, mais un avenir incertain

Rédacteur : Alain Pavé

Les mots interdisciplinaire et interdisciplinarité sont apparus dans la littérature scientifique dans les années 1940¹ pour désigner une activité scientifique mettant en jeu des disciplines différentes afin d'étudier un même objet, avec des regards variés et croisés, ou pour répondre à des questions scientifiques non réductibles à une discipline particulière. Or et bien que relativement ancien, le concept a toujours des difficultés à se concrétiser. En France et à partir des années 1975-1980, le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) a mené une politique volontariste de mise en œuvre de l'interdisciplinarité en créant des « programmes interdisciplinaires de recherche » (PIRs). Depuis, nous avons beaucoup progressé sur la méthode, mais il faut constater, un peu plus de 35 ans après, que pratiquer l'interdisciplinarité n'est toujours pas « naviguer sur un long fleuve tranquille ». Et après tout pourquoi n'en serait-il pas ainsi puisqu'elle bouscule les habitudes de la recherche scientifique. Qu'en est-il un aujourd'hui, alors que tous déclarent sa nécessité pour répondre à beaucoup de questions actuelles ? En quoi l'interdisciplinarité est-elle novatrice ? Apporte-t-elle des résultats nouveaux ? Comment mieux capitaliser les savoirs acquis ? Si son apport est jugé positif, comment faire que le financement d'opérations interdisciplinaires ne soit plus aléatoire ?² C'est ce que nous tentons d'analyser dans cet article en profitant de l'expérience assez unique du CNRS dans le domaine, du moins aux dires de nombreux collègues d'autres pays. Cette analyse a permis d'identifier les problèmes, sources de ces questionnements, et de proposer des solutions. Elle est issue d'une réflexion collective lancée dans le cadre d'un comité scientifique créé pour relancer l'interdisciplinarité au CNRS³. Elle peut aussi être mise en perspective avec une synthèse publiée récemment sous forme d'un ouvrage explicitant des expériences d'autres communautés⁴ principalement anglo-saxonnes.

35 ans d'interdisciplinarité au CNRS : un cap maintenu au milieu des turbulences

L'interdisciplinarité a une histoire qui s'intègre dans celle du CNRS, une approche chronologique nous a semblé la plus opportune pour la présenter.

¹ Une première occurrence dans *Nature* le 17 février 1945 dans un article intitulé : « *Science in the Foreign Service* » (1945, 155, 187-188) et surtout et en relation avec l'objet de cet article ; « *Interdepartmental Co-operation in Research* » (1945, 155, 407-408). Dans *Science*, on trouve *interdisciplinary* utilisé la première fois dans le rapport de la réunion de l'AAAS publié le 7 février 1941 (*section on Anthropology (H) and affiliated societies*, 1941, 93, 134). Notons quand même que l'emploi des mots restent épars jusqu'aux années 1980.

En France, la première occurrence trouvée est antérieure, en 1927 dans la « *Revue critique d'histoire et de la littérature* » (janvier 1927, p5) et concerne la chronologie « [qui] est déjà, par nature une science interdisciplinaire ».

² C'est ainsi que les programmes ont connu une diminution drastique de leur financement en 2011 (-60% en moyenne par rapport à 2010). Dans les lignes budgétaires du CNRS, ces programmes sont trop souvent des variables d'ajustement.

³ Par ordre alphabétique : Joël Bertrand, Michel Dayde, Pascal Dayez-Burgeon, Jean-Benoist Duburcq, Bertrand Fourcade, Pascal Griset, André Le Bivic, Gérard Lelièvre, Sandra Laugier, Patrick Le Quéré, Ariel Levenson, André Mariotti, Alain Pavé, Isabelle Rico-Lattes, Simon Thorpe, Dominique Wolton et avec la collaboration de Laurence El-Khoury.

⁴ Robert Frodeman, Julie T. Klein, Carl Mitcham (Ed.) *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford University Press, New York, 2010.

La période 1975-1985 : un départ raisonné et raisonnable

En 1975, Robert Chabbal, alors directeur général du CNRS, lance les premiers PIRs sur des sujets transversaux, fortement suggérés par les besoins technologiques et l'attente politique, économique et sociale (par exemple, sur l'énergie solaire, sur l'environnement, sur le travail et l'emploi, sur les matériaux, sur les matières premières). Cette initiative correspond à un mouvement international cristallisé dans quelques grands programmes comme le Programme Biologique international (PBI), lancé dès 1961, ou des initiatives au niveau national, par exemple par la DGRST⁵. Le CNRS aura la grande qualité de généraliser le concept et de le rendre opérationnel en termes de dispositifs de recherche.

Pendant cette période, les départements du CNRS sont principalement des structures « verticales » recouvrant des secteurs scientifiques dans lesquelles s'expriment les disciplines⁶ : Sciences physiques et mathématiques (SPM), Physique nucléaire et corpusculaire (PNC), Sciences chimiques (SC), Sciences de la vie (SDV), Sciences de l'homme et de la société (SHS)). Néanmoins deux d'entre eux ont un contenu mêlant des disciplines de bases : Sciences Physique pour l'ingénieur (SPI), « Terre, Océan, Atmosphère, Espaces » (TOAE). Ces départements gèrent des laboratoires relevant de leurs secteurs scientifiques. En outre, le Comité national de la recherche scientifique est chargé de l'évaluation des laboratoires et des chercheurs ainsi que de la prospective, via la rédaction périodique d'un « rapport de conjoncture ». Il est organisé en sections disciplinaires. Cependant, l'ensemble est hétérogène, dans la plupart des cas les domaines couverts sont très pointus, dans d'autres, ils sont amenés à associer des compétences d'origines diverses. C'est par exemple le cas de l'écologie ou les relations entre être vivants et leurs milieux est au centre de la discipline et demande un ensemble de compétences allant au-delà des sciences du vivant pour prendre en compte le milieu physique et ses variations.

Revenons sur les départements pluridisciplinaires. Le département des sciences physiques pour l'ingénieur est créé fin 1975 ; le secteur scientifique concerné est devenu depuis sciences pour l'ingénieur (avec le même sigle : SPI). Ce département a été à l'origine d'opérations mettant en relation des disciplines différentes bien au-delà de celles concernées par son propre secteur. On retiendra, par exemple, la création en 1977 d'un « groupement de recherche coordonnée » (GRECO) sur l'analyse des systèmes, regroupant mathématiciens, informaticiens, automaticiens, biologistes, écologues et économistes dans la région Rhône-Alpes. Le département TOAE est consacré à l'étude d'objets de la planète et de l'espace et fait appel à une gamme de disciplines pour les étudier. Il est également dans le circuit des grandes initiatives internationales lancées notamment par l'ICSU (*International Council of Scientific Unions*). Il développe des pratiques interdisciplinaires et des programmes spécifiques notamment pour l'étude de la couche superficielle de la planète, notre « environnement physique ». En 1985, un Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) est créé ; il fait office d'agence de programmation et de moyens.

⁵ Délégation générale à la recherche scientifique et technologique. Cette structure gouvernementale, mise en place dans les années 1960, a précédé la mise en place de secrétariats d'état et de ministères spécifiques.

⁶ La chronologie de l'histoire du CNRS peut être trouvée à l'adresse :

<http://www.cnrs.fr/inc/communication/documents/chrono.pdf>

Et pour l'histoire du CNRS, on peut conseiller l'ouvrage : Denis Gutthleben, Histoire du CNRS de 1939 à nos jours, Armand Colin, 2009

Quant à eux, les PIRs sont transversaux et pendant un temps indépendants des structures verticales, avec leurs propres instances d'évaluation et de pilotages. Dans ces instances les départements et le comité national sont représentés. Les grandes qualités des programmes sont d'aborder des problématiques nouvelles nécessitant des approches transversales, leur capacité à problématiser et à structurer les champs de recherche, à associer des équipes des diverses disciplines pour répondre aux questionnements scientifiques, à faire de l'animation scientifique interdisciplinaire. À ces fins, ils mettent à contribution leurs divers comités pour la réflexion scientifique et la prospective, pour la rédaction et la publication d'appels d'offres, pour la mise en place et la gestion de groupements de recherche et pour le soutien aux diverses actions qu'ils lancent. Ils s'illustrent aussi par leur dynamisme en termes de communication. Enfin, l'évaluation est à la fois *a priori* (évaluation des projets) et *a posteriori* (évaluation des résultats).

La structure scientifique du CNRS est donc matricielle, départements « verticaux » et programmes « horizontaux ».

1985-2000 : une extension et la preuve du concept

À la fin des années 1980, la dynamique est relancée par François Kourilsky, alors directeur général du CNRS. Pendant cette période, le nombre des programmes est limité (de 4 à 6). Ils sont directement rattachés à la direction générale, via la direction de la stratégie et des programmes, alors sous la responsabilité de Jacques Sevin. Cette éclaircie ne durera que quelques années ; dès 1994, les programmes sont rattachés à certains départements sectoriels (sciences de la vie, sciences de l'ingénieur, sciences de l'univers) et perdent en partie leur autonomie.

Les départements SPI et SDU (Sciences de l'Univers, nouvel intitulé du secteur TOAE, adopté en 1991) ont toujours des initiatives internes à caractère interdisciplinaire. SDU et son agence l'INSU développent des programmes nationaux s'intégrant à l'effort international de recherche, notamment pour les recherches sur l'environnement planétaire dans le cadre du IGBP (*International Geosphere-Biosphere Program*). Ces initiatives ont été perçues à tort comme concurrentielles des programmes interdisciplinaires de recherche sur l'environnement alors qu'elles étaient complémentaires : les programmes INSU étaient principalement axés sur la dynamique des composantes physiques, alors que les PIRs étaient dévolus à l'étude des aspects biologiques, écologiques, humains et socio-économiques avec une forte dimension géographique. Les aspects technologiques étaient étudiés dans un programme spécifique auquel SPI déléguait largement le pilotage de ces recherches. Diverses initiatives ont essayé de regrouper l'ensemble des recherches sur l'environnement au CNRS, mais les différences de cultures et d'histoire des communautés concernées n'ont pas permis l'unification des forces.

Les initiatives spontanées de la communauté scientifique conduisent également au développement de l'interdisciplinarité, souvent aux interfaces. C'est ainsi que, dans les années 1980, la bioinformatique a émergé et que la modélisation est devenue une méthodologie transversale. L'essentiel de la dynamique a été impulsée par les scientifiques eux-mêmes, mais elle a été transitoirement confortée par des programmes, comme MSN (Modélisation et Simulation Numérique, 1995-1997), comme le thème MMT (Méthodes, Modèles et Théorie pour la recherche sur l'environnement, 1990-1998) du Programme Environnement ou encore par le Programme Bioinformatique (1999-2001). Il faut encore reconnaître au CNRS la qualité d'avoir été à l'initiative de certains dispositifs interdisciplinaires et

d'avoir suivi et accompagné ceux émergents de la communauté scientifique souvent en partenariat avec d'autres organismes de recherche, avec des ministères, avec des entreprises ou des collectivités territoriales en particulier avec des Régions. Par exemple, le programme Environnement crée dès 1992 des pôles régionaux, qui se concrétisent ensuite par des laboratoires, comme le CAREN (Centre Armoricaïn de Recherche sur l'Environnement) à Rennes.

À la fin de cette époque clé, la mobilisation d'une communauté scientifique de qualité et la valeur des résultats obtenus montrent l'efficacité des approches interdisciplinaires à la fois pour répondre à des finalités et comme facteur de progrès scientifiques. Souvent finalisés, ils s'ancrent solidement dans des recherches fondamentales et des réflexions conceptuelles sources de progrès théoriques.

1995-2010 : une explosion contrôlée

À près avoir prouvé l'efficacité du concept et de la démarche, le nombre des programmes interdisciplinaires explose (figure 1), singulièrement au début des années 2000. La tendance est aussi à la spécialisation.

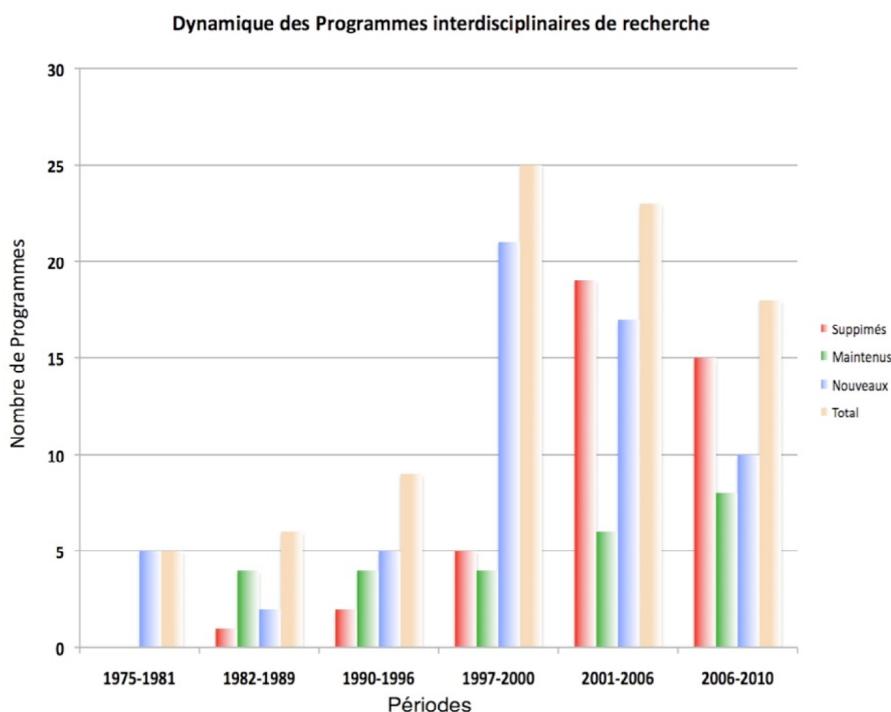


Figure 1. Dynamique des programmes interdisciplinaires : bien que résultant d'une initiative datant de 35 ans, on constate que le système des programmes est très évolutif en s'adaptant aux problématiques scientifiques du moment.

Ces programmes sont de taille réduite, sur des sujets limités, plutôt des amorces que des initiatives larges sur de grands thèmes comme les précédents. Néanmoins, leur effet sur la structuration scientifique des domaines abordés reste efficace. Progressivement, depuis 2006, la tendance semble s'inverser avec un élargissement, sans pour autant en revenir à des grands sujets, comme ceux des années 1980-1995. On peut noter dans cette période un nouvel essai d'unification des recherches interdisciplinaires sur l'environnement, en les intégrant dans l'INSU qui devenait alors INSUE. Cet essai n'a pas abouti, principalement pour des difficultés d'établissement d'un dialogue entre un trop grand nombre de disciplines en un temps trop limité.

2010 : quel avenir ?

Début 2010, les départements ont évolué en instituts, faisant craindre un délitement possible du CNRS et un affaiblissement de l'interdisciplinarité. Cet affaiblissement se traduit en fait au niveau des programmes, par une diminution drastique des moyens. De plus, les programmes, depuis les années 1995, sont rattachés non plus à une direction fonctionnelle, mais aux départements, puis aux instituts, ce qui leur fait perdre formellement leurs caractéristiques transversales. Mais l'usage fait force de loi, dans la pratique, beaucoup de programmes gardent une grande autonomie.

La décision, fin 2010, d'abandonner le terme « programme », même si l'interdisciplinarité ne se limite pas à cette notion, et de le remplacer par celui, plus vague, d'« action », ajoute une crainte supplémentaire de ne pas aller dans le sens du renforcement de l'interdisciplinarité.

Un bilan contrasté

Sur l'ensemble de l'histoire et contrairement à un discours récurrent, la durée de vie des programmes est limitée. Une majorité d'entre eux ne sont opérationnels que 4 ans (figure 2), une durée très courte pour mettre en place une recherche interdisciplinaire et pour obtenir des résultats significatifs.

Tout au long de cette histoire, le budget global réservé aux recherches interdisciplinaires reste à peu près constant par rapport à celui du CNRS consacré au « soutien aux laboratoires et aux programmes ». Il ne représente guère que 2 à 3% de cette enveloppe. Les variations du nombre de programmes sont répercutées par une modulation du financement individuel de ces programmes.

Cette histoire des PIR et plus généralement celle des initiatives interdisciplinaires est caractérisée par de fréquentes turbulences institutionnelles en dépit de réussites avérées et de la construction d'une véritable compétence collective. Dès le début apparaissent des tensions entre les départements sectoriels et les programmes transversaux (dès 1980 pour le PIREN consacré à l'environnement, à peine deux ans après sa création⁷). De leur côté, les instances d'évaluation ont une position non homogène, certaines sont réceptives à l'approche interdisciplinaire, d'autres sont très réticentes. Pour leur part, les directions générales successives, presque unanimement conscientes de l'enjeu stratégique de l'interdisciplinarité, tentent de l'imposer, avec des résultats mitigés : elles ont à composer avec les directions « toutes puissantes » des départements et avec des hésitations du Comité national. Situation d'autant plus délicate que les oppositions sont de natures diverses, allant du scepticisme quant à la démarche jusqu'au désir d'appropriation d'un champ de recherche, avec l'idée que les départements peuvent se charger de l'interdisciplinarité sans avoir recours à des dispositifs transversaux. En tout état de cause, on peut dire que l'histoire de l'interdisciplinarité au CNRS est ponctuée de crises, liées à ces tensions, allant quelquefois jusqu'au conflit, alors qu'à l'extérieur, notamment à l'international, on reconnaît cette compétence, ce savoir-faire sur la base non pas de discours militants, mais de véritables apports tant en termes de résultats concrets que de méthodologie de l'interdisciplinarité, de coopération intra et inter organisme et internationale. Une véritable réussite qu'il s'agit de transformer par une politique audacieuse.

Les programmes mobilisent aussi plusieurs communautés scientifiques d'autres instituts du CNRS, mais aussi des universités et d'autres établissements de recherche. De fait, ils jouent un rôle décisif

⁷ Cf., par exemple : Pavé A. Deux Programmes de recherche sur l'environnement dans les années 1990-1998 : Le Programme Environnement et le Programme Environnement, Vie et Sociétés. *La Revue pour L'histoire du CNRS*, 4, 32-46, 2001.

dans l'animation de la recherche nationale. Ne représentant que des enjeux scientifiques et non de pouvoir, jouant aussi des rôles d'agences, les partenariats sont facilités. De même, ils ont des relations suivies avec les ministères techniques et leurs agences. Certains d'entre eux ont une dimension internationale, c'est particulièrement vrai pour le secteur des recherches sur l'environnement (programmes de l'INSU et programmes interdisciplinaires transversaux dédiés, comme le programme Environnement, Vie et Sociétés qui lui a succédé en 1995).

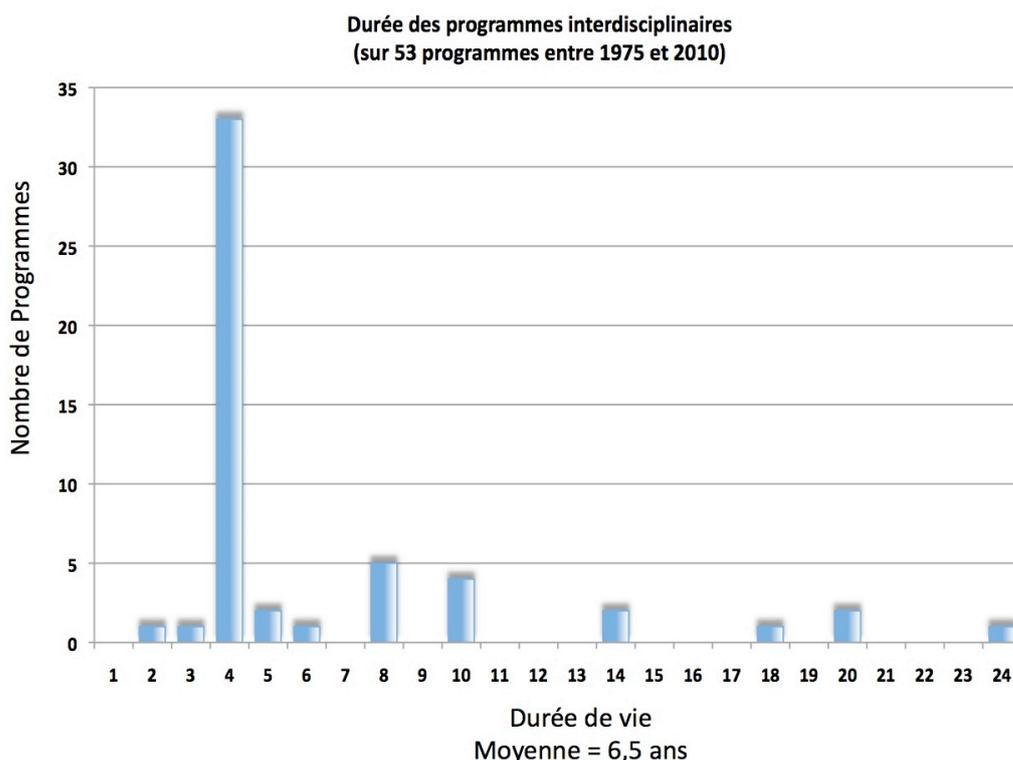


Figure 2. Distribution de la durée de vie des programmes (faite sur 53 programmes). Cette durée de vie est courte, la grande majorité ne fonctionnant que sur 4 ans. Le système a une géométrie très variable, pouvant modifier rapidement la voileure, plutôt une goélette qu'un vaisseau amiral. Le plus ancien est en fait une continuité de programmes de recherche sur l'environnement (PIREN, Programme Environnement et Programme Environnement, Vie et Sociétés). La nécessité de pérennisation aurait été plus précoce et s'est en fait concrétisée, en 2006, par la création du département EDD (Environnement et Développement Durable), puis de l'INEE (Institut Écologie et Environnement), qui lui a succédé en 2010 à l'occasion de la dernière réforme du CNRS.

Malgré ces qualités et curieusement, on communique peu sur le sujet au niveau institutionnel, alors que certains programmes le font à titre individuel et rencontrent un grand succès⁸. Les retombées sont multiples : outre le développement de secteurs entiers de recherche, on enregistre nombre de réalisations concrètes et d'excellents résultats. On citera par exemple :

⁸ Il est significatif de noter que dans l'édition internationale du journal du CNRS, en anglais, et dans la page consacré à la présentation de l'institution, le mot « *interdisciplinarity* » n'est même pas cité. Néanmoins, signalons que le programme Amazonie a bénéficié d'une durée de 2mn et demi sur les 16 mn dans du film institutionnel du CNRS tourné en 2009 (15% du temps, alors que les effectifs mobilisés étaient en gros de 0,2% à l'époque).

- le développement du photovoltaïque, des technologies propres, de l'imagerie biologique et médicale, de systèmes de surveillance de l'environnement, de nouveaux modes de gestion de l'environnement et des ressources naturelles,
- des résultats sur les astroparticules résultant d'une recherche coopérative et conduisant à l'émergence d'une communauté nouvelle aux interfaces entre les disciplines, notamment l'astronomie, l'astrophysique et la physique des particules,
- des approches novatrices des nanotechnologies,
- et aussi des apports conceptuels significatifs à la notion de complexité et à l'étude des « systèmes complexes », ainsi que des progrès méthodologiques déterminants (analyse des systèmes, modélisation, notamment),

En interne, de nouvelles structures et dispositifs de recherche originaux sont créés, par exemple le département Environnement et Développement Durable, transformé à l'occasion de la dernière réforme (2009) en Institut Écologie - Environnement (INEE). L'évolution de la production scientifique est remarquable : le nombre et la qualité des publications augmentent. Par exemple, une étude bibliométrique faite en 2009 par l'INEE, montre une croissance exponentielle du nombre des articles de recherche sur l'environnement dans *Nature*, *Science* et *PNAS*, depuis 1995⁹. La production scientifique se diversifie notamment en termes de popularisation des résultats. Ce sont des conséquences majeures de la politique des programmes interdisciplinaires de recherche dans le domaine.

Au total et bien que les interrogations, voire les réticences et quelquefois même des oppositions persistent au niveau institutionnel, on enregistre un bilan positif, quelquefois brillant, un impact social important, une capacité de mobilisation de larges communautés scientifiques, une contribution souvent déterminante à des secteurs entiers de recherche et de développements technologiques dont certains ont même émergé grâce à ces programmes (c'est le cas, par exemple, pour le photovoltaïque). Et sans insister sur la notoriété internationale que CNRS a acquise en la matière.

Des enseignements et des suggestions : l'interdisciplinarité est possible et efficace, elle est l'avenir du CNRS

Les origines des principales difficultés sont assez faciles à identifier : orthogonalité par rapport aux cultures disciplinaires menant à des incompréhensions et des confusions, réflexes dogmatiques, mais aussi rapports de pouvoir dans l'*establishment* scientifique et la compétition dans le partage des ressources. Par ailleurs, les résultats concrets des recherches en termes de publications, de brevets ne sont pas toujours évidents à court terme, car il faut du temps avant d'avoir des résultats publiables dans de « bonnes revues » et que ces dernières sont encore peu habituées au style de publications auxquelles mène l'interdisciplinarité¹⁰.

⁹ L'enquête a été faite auprès des laboratoires gérés par l'INEE, dont la grande majorité participaient aux programmes de recherche sur l'environnement depuis les années 1980 avant la création de cet institut : http://www.cnrs.fr/inee/presentation/docs/plaquetteBibliometrie_janv09.pdf

¹⁰ Début des années 1990 une revue interdisciplinaire a été créée par un collectif d'organismes, dont le CNRS. Cette revue, de quatre numéros par an publie des articles de synthèse sur de grands sujets ainsi que des résultats de recherche interdisciplinaire. Si elle est connue dans la science francophone, elle a encore une audience limitée. Vu la qualité moyenne des articles, elle aurait presque sûrement une grande audience si une édition en langue anglaise était disponible.

Disciplines et interdisciplinarité : des dynamiques opposées, mais complémentaires

L'évolution de la science est principalement gouvernée par la création de disciplines scientifiques et des progrès dans ces disciplines. Celles-ci se définissent en fonction d'objets ou de sujets de recherches, voire du croisement des deux. Par exemple, la botanique est dévolue à l'étude des plantes, la zoologie à celle des animaux, la sociologie à celle des sociétés humaines, la chimie à celle des molécules. De plus, une discipline s'identifie à partir de principes de base, des paradigmes, et des méthodes partagés par tous les scientifiques y contribuant ou s'en revendiquant. Principes et méthodes peuvent évoluer avec la bénédiction de la communauté concernée et de quelques *mandarins*. La spécialisation est la dynamique principale, biologie cellulaire, biologie cellulaire des végétaux, biologie moléculaire en sont des exemples. Or l'interdisciplinarité va à l'encontre de cette tendance par un élargissement des points de vue. Ultime hérésie, il se peut même que certaines extensions conduisent à revoir les paradigmes fondamentaux de certaines disciplines. Ainsi, la définition de l'objet d'étude d'une discipline conduit à délimiter cet objet et même à le « fermer », les relations avec l'extérieur ne sont pas considérées, ou seulement pour le principe. C'est en partie ce qui explique les difficultés que les sciences de l'environnement ont rencontrées où tout objet est par définition « environné ». Une mention particulière pour une approche : l'analyse des systèmes où l'on parle bien de fermeture pour tracer les limites de l'objet d'étude, mais l'ouverture vers son « environnement » est possible, via l'explicitation des « entrées » et des « sorties », et également l'extension via les interactions avec d'autres systèmes et leur couplage. Ces caractéristiques en font une approche très efficace, d'autant plus que la modélisation, elle-même très utile, voire de plus en plus incontournable, est une méthode constitutive de cette approche « système ».

1. Question de vocabulaire et de définition

(1) **Multidisciplinarité** qualifie un dispositif où sont représentées des disciplines différentes (les universités sont, en général, multidisciplinaires, le CNRS aussi); (2) **pluridisciplinarité** correspond à un dispositif mis en place pour étudier un sujet ou un objet de recherche ; les travaux se font en parallèle et le résultat est la somme des contributions de chaque discipline ; (3) **interdisciplinarité** caractérise un dispositif de coopération plus serré, voire une méthodologie, avec la conception de problématiques communes et la synthèse concertée des résultats qui sont alors plus que la somme des contributions disciplinaires (c'est ce qu'a su faire, en plus, le CNRS). (4) La **transdisciplinarité**, étymologiquement qui traverse les disciplines ou qui va au-delà des disciplines. Si l'on peut penser que des questions peuvent être de nature transdisciplinaire, comme beaucoup de celles qui viennent de la société (questions de l'emploi, du bien-être, du développement soutenable ou durable, etc.), en revanche on ne voit pas bien quelle pratique scientifique mettre en place derrière ce mot. Concrètement, la réponse la plus efficace est un dispositif interdisciplinaire et... on est ramené au problème précédent.

Pour en rester à l'interdisciplinarité, on pourra retenir qu'elle désigne un ensemble d'approches scientifiques coordonnées et simultanées d'un objet de recherche, croisant les points de vue de plusieurs disciplines. Une approche interdisciplinaire se caractérise par la formulation d'un questionnement et d'une synthèse tous deux concertés, croisés et d'intérêt commun.

Cette définition recouvre les approches scientifiques qualifiées de « centrées objet » (e.g., l'environnement) ou « orientées problèmes » (e.g., la dynamique de la biodiversité, le devenir des nanoparticules dans l'environnement, la définition et la conception de technologies respectueuses de l'environnement, la chimie écologique), qu'elles émergent d'un questionnement scientifique ou d'une attente technologique, économique ou sociale.

Par ailleurs, certaines disciplines apparaissent à l'interface entre deux ou plusieurs autres, c'est, par exemple le cas de la bioinformatique, croisant biologie et écologie d'un côté et informatique de l'autre

ou, plus anciennement, de la biométrie, à l'intersection entre les sciences mathématiques et les sciences de la vie. Mais on ne peut parler de discipline que lorsqu'elle peut s'identifier à partir de principes et méthodes qui sont plus que la somme de ceux provenant des disciplines d'origine. Ainsi, pour la bioinformatique, la structure des données a posé des problèmes informatiques originaux, et la nécessité d'en faire un modèle pour la constitution de bases de données dédiées a contribué à mieux analyser ces données en termes biologiques ainsi qu'à intégrer cette connaissance dans le modèle informatique. Il a fallu également développer des algorithmes originaux, par exemple pour l'alignement des séquences génomiques.

Niveaux de l'interdisciplinarité

Le mot est globalisant et désigne toute une variété de montages entre diverses disciplines appartenant ou non au même secteur scientifique.

Le niveau 1 correspond à une coopération entre deux disciplines d'un même secteur, par exemple l'écologie moléculaire vient de la coopération entre l'écologie et la biologie moléculaire. Le niveau 2 mixte deux disciplines de secteurs scientifiques différents. C'est typiquement le cas de la bioinformatique, de la biométrie ou de l'écologie chimique. Souvent ce « concubinage » aboutit à un véritable « mariage » définissant une nouvelle discipline « interface ». Le niveau 3 correspond à la coopération entre au moins trois disciplines du même secteur scientifique, c'est par exemple le cas de l'écologie, de la physiologie des plantes, de la systématique et de la biologie moléculaire, voire de la bioinformatique, pour les études sur le rôle de la biodiversité dans les cycles biogéochimiques. Le niveau 4 correspond aux recherches impliquant plus de 2 disciplines et de secteurs différents, par exemple, pédologie, écologie et archéologie pour les études des traces anthropiques anciennes dans les écosystèmes¹¹.

Quel que soit le mode d'organisation envisagé, le niveau d'interdisciplinarité est évidemment fonction de la taille. Un programme interdisciplinaire est souvent de niveau 4, alors qu'une action de ce programme est souvent de niveau 1 ou 2.

Enfin, et pour mémoire, une action monodisciplinaire est de niveau 0 d'interdisciplinarité.

Des scientifiques peuvent avoir des compétences dans 2 secteurs (cas des bioinformaticiens, des biochimistes, etc.) et exceptionnellement dans 3. Cela n'exclut pas le fait que des chercheurs acquièrent une large culture scientifique au cours de leurs carrières, simultanément avec des capacités de synthèse, nécessitant une capitalisation des savoirs nécessairement longue à réaliser.

Les problèmes liés à la mise en œuvre de l'interdisciplinarité

Il faut retenir que chacune des associations scientifiques nécessaires à une recherche interdisciplinaire pose des problèmes spécifiques, néanmoins, comme nous allons le voir ci-après, quelques grands principes communs peuvent être énoncés.

Les problèmes les plus difficiles apparaissent lorsque l'interdisciplinarité met en cause les fondements, les paradigmes des disciplines (cf., ci-dessus : les principes, les règles et les méthodes

¹¹ Cf., par exemple : McKey D., Rostain S., Iriarte J., Glaser B., Birk J.J., Holst I. et Renard D., « Pre-Columbian agricultural landscapes, Ecosystem Engineers, and Self-organized Patchiness in Amazonia », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, no 107, 2010, p. 7823-7828

partagés plus ou moins explicitement par la communauté scientifique concernée)¹². Touchant ainsi aux fondements, de fortes résistances peuvent s'exprimer. L'un des problèmes est que les scientifiques n'en ont pas forcément conscience. Une « mise à plat » devient nécessaire, une sorte de psychanalyse épistémologique, pour une prise de conscience des blocages. Cela est nécessaire, mais pas suffisant, il faut ensuite convaincre de la pertinence de la démarche interdisciplinaire envisagée.

La structure institutionnelle est un facteur contrôlant l'expression de l'interdisciplinarité. En effet, comme nous l'avons souligné, l'organisation est le plus souvent « verticale », avec des départements ou des instituts principalement disciplinaires, comme dans la plupart des universités et des organismes de recherche, le contrôle en question est souvent une limitation drastique de l'expression de l'interdisciplinarité. Ainsi, parle-t-on plus de multidisciplinarité ou de pluridisciplinarité que d'interdisciplinarité.

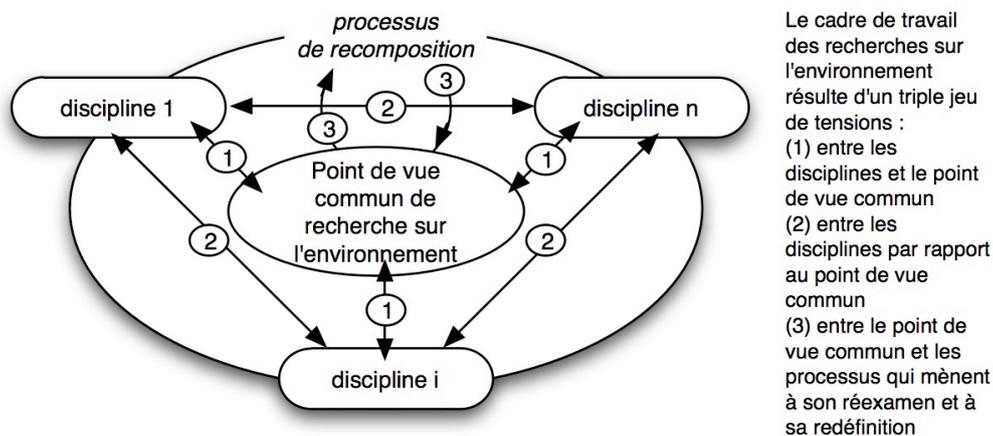


Figure 3. Ce schéma publié en 1993, résume l'activité interdisciplinaire à l'intérieur du programme environnement du CNRS et des dynamiques mettant en relation les disciplines autour d'un projet commun¹³. Les scientifiques impliqués sont des passeurs des frontières disciplinaires¹⁴.

Cette inertie disciplinaire se traduit par des difficultés d'émergence de recherches interdisciplinaires « spontanées », à l'évaluation des travaux et des personnes, à la remise en cause récurrente de cette activité scientifique, à la déstabilisation des chercheurs et des équipes, à la difficulté de s'inscrire dans le long terme, souvent nécessaire à l'expression de l'interdisciplinarité. Par exemple au CNRS, la courte durée de la plupart des programmes n'a sans doute pas permis d'obtenir des résultats suffisamment convaincants ou du moins jugés comme tels pour les pérenniser. Curieusement d'ailleurs, on entend un discours récurrent à propos d'une impossibilité de supprimer ce qui a été créé, alors que, comme nous l'avons vu avec la durée moyenne de vie très courte, pour ces programmes, la suppression rapide est la règle très largement respectée. Enfin, le « facteur humain » est essentiel, souvent ignoré par fausse pudeur. La qualité des scientifiques réunis, leurs cultures, leur ouverture d'esprit, leur capacité de dialogue, la solidité de leurs compétences sont décisifs pour la réussite d'une

¹² Edgard Morin a exposé des principes précieux sur les relations entre les disciplines, où la question du paradigme est clairement posée. Il distingue ainsi la polydisciplinarité qui peut être vue comme un intermédiaire entre pluridisciplinarité et interdisciplinarité. Un exposé bref et très accessible peut être trouvé dans le Journal du CNRS : L'indispensable rencontre des savoirs. N° 255, avril 2011, p18-19.

¹³ Jollivet M., Pavé A. - L'Environnement un champ de recherche en formation. *Natures, Sciences, Sociétés*, 1,1, 6-20, 1993.

¹⁴ Marcel Jollivet (Ed.). *Les passeurs de frontières*, CNRS Éditions, 1992.

recherche interdisciplinaire. Il faut insister aussi sur l'accompagnement par des dispositifs et des personnels de qualité pour la technique, la gestion et la communication.

Principales solutions

Face à ces difficultés, on peut proposer des solutions déjà testées avec succès :

- bien définir le contour de l'interdisciplinarité, éviter les confusions multi, pluri, inter et transdisciplinarité (cf. encadré 1), accompagner la dynamique scientifique par une analyse épistémologique permanente ;
- identifier et évacuer les dogmatismes disciplinaires ;
- impliquer des chercheurs déjà reconnus dans leur discipline, s'assurer qu'ils pourront aussi y trouver une source de progrès à l'intérieur de leurs propres disciplines ;
- promouvoir la prise de risque par les chercheurs ;
- constituer des équipes cohérentes avec les compétences nécessaires ;
- mettre en place des dispositifs transversaux aux structures disciplinaires, leur donner des moyens et la possibilité de mettre en œuvre leurs initiatives. Par exemple, la construction de programme pour mener des recherches sur de sujets complexes demandant notamment des approches interdisciplinaires, pourrait impliquer plus volontairement, les structures verticales, actuellement les instituts ;
- développer outils communs et le partage de méthodes, par exemple la modélisation, qui, outre, les résultats qu'ils permettent d'obtenir, facilitent le dialogue interdisciplinaire en étant de véritables « traits d'union » entre disciplines ;
- assurer une information et une communication efficaces vers l'ensemble de la communauté scientifique et vers la société ;
- mettre en place des directions consensuelles et une animation scientifique permanente ;
- promouvoir la méthode de "gestion par projet" ou plus brièvement le « mode projet ». Ses caractéristiques de transversalité, ses possibilités d'adaptation à de multiples contraintes, son caractère transparent et sa rigueur d'exécution entraînent l'adhésion au cahier des charges et le respect de ce cahier sans aliéner les possibilités d'évolution. Cette pratique est trop peu connue et pratiquée au sein de l'établissement bien qu'elle en ait montré ses vertus. Néanmoins, la méthodologie générale provenant de la gestion et de l'ingénierie dans les entreprises mériterait d'être plus approfondie pour des projets de recherche, notamment non finalisée, dont les objectifs et les résultats attendus ont des degrés de précision variable et dont la réalisation doit être encore plus adaptative que ce qui est habituellement le cas dans le monde de l'entreprise ;
- trouver des lieux pour faciliter l'interdisciplinarité, comme des stations de terrain, des grands instruments, des plateformes technologiques ou des « hôtels à projets ». Pour certaines recherches, comme celles sur l'environnement, l'interdisciplinarité mérite d'émerger au statut de « *big science* »¹⁵ ;
- et enfin, faire que le soutien soit récurrent, ambitieux, sur une durée suffisante et non soumis à divers aléas budgétaires. Priorité vitale pour le CNRS, le financement de l'interdisciplinarité ne doit pas se cantonner à un minimum conforté par des crédits supplétifs d'agences de moyens.

¹⁵ French environmental labs may get " big science " funds, *Nature*, 403, 2000, 822.

Même dans le cas où les projets sont co-construits par les instituts, dès la mise en œuvre les budgets correspondants doivent être préemptés à partir du budget général et cela pendant la durée nécessaire et non pas faire l'objet de négociations annuelles, propices à des remises en cause précipitées. L'affichage d'emplois dédiés à des objectifs interdisciplinaires, utilisé par le passé, mais de façon intermittente, s'est avéré très efficace, il est souhaitable de régulariser cette pratique.

C'est à ces conditions qu'on pourra mobiliser des chercheurs et des équipes de qualité, mais aussi des animateurs et des responsables du meilleur niveau. En effet, ils auront ainsi la possibilité de mener une véritable politique scientifique. C'est ce qui peut les motiver pour quitter leurs « laboratoires » afin d'exercer ces fonctions. C'est vrai d'ailleurs pour toutes les fonctions de responsabilité scientifique dans les instituts de recherche.

Une structuration nécessaire du champ et du travail de recherche

La recherche interdisciplinaire doit être structurée pour être efficace, c'est le rôle des **programmes** dédiés : l'organisation du champ de recherche sur un sujet ou un objet défini résulte d'une véritable réflexion conceptuelle, puis de la mobilisation et de la structuration d'une communauté scientifique susceptible de contribuer à ce champ de recherche. Ce dernier, ses contours et son contenu sont définis et évoluent sur la base de prospectives régulières menée par la communauté scientifique concernée. Le programme de recherche interdisciplinaire traduit ces réflexions en termes opérationnels, notamment par la définition de questionnements, de problématiques, de thématiques de recherche et plus généralement d'organisation du travail¹⁶. On utilise, pour sa mise en œuvre, divers outils : appels à propositions de recherche, groupements de recherche, pôle régionaux, etc. La notion de programme, connue et partagée au niveau international est centrale et sous-entend cette organisation. Elle n'est pas réservée à la recherche interdisciplinaire, mais est nécessaire à celle-ci.

Cela étant, les caractéristiques de ces programmes et ces principes ont peut-être été un peu oubliés au cours du temps, car le CNRS faisait de l'interdisciplinarité « en douce », coincé dans ses logiques institutionnelles et par son découpage disciplinaire. Par ailleurs, certains programmes, ayant le même intitulé, n'étaient pas réellement interdisciplinaires. Il n'en demeure pas moins que l'émergence d'Institut ayant une pratique interne interdisciplinaire, comme l'INSU, en premier, et plus tard le département EDD puis l'INEE est un réel progrès. Cette émergence a été rendue possible grâce aux programmes interdisciplinaires.

Un intérêt nécessairement partagé

Les pratiques interdisciplinaires peuvent modifier les contours et fondements des disciplines, ou renvoyer des questionnements nouveaux aux disciplines impliquées. C'est ce qui est appelé « convergence »¹⁷, et qui plus, anciennement, a été identifié comme un facteur favorisant l'interdisciplinarité. Que chacune et chacun y trouvent son compte comme moteur d'évolution dans sa

¹⁶ Rappelons que cette nécessité d'organisation et quelque part de l'institutionnalisation de l'activité scientifique et du statut de ceux qui la pratique, dans une vision « moderne » a été pour la première fois énoncées par Francis Bacon. On pourra se référer à une édition récente de ses adresses au Roi Jacques 1^{er} d'Angleterre (1605) : « Du progrès et de la promotion des savoirs », Gallimard, 1991. Quatre siècles après on peu s'étonner de la lenteur de la prise de conscience...

¹⁷ Cf., par exemple : The Third Revolution : *The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences and Engineering*. MIT Washington Office, 2011

propre discipline est un gage de succès : « L'interdisciplinarité cherche à combiner des disciplines sans nécessairement en créer une nouvelle, mais en suscitant leurs transformations réciproques »¹⁸.

Le pratique interdisciplinaire conduit à une perméabilité entre les disciplines et nécessite de ce fait une analyse épistémologique permanente pour en évaluer les conséquences sur les disciplines impliquées et pour éviter la perte d'identité des chercheurs qui doivent maintenir un attachement principal à leurs communautés tout en l'enrichissant des nouvelles expériences.

Le partage d'expérience nationale et internationale est aussi essentiel. Ce partage se fait le plus souvent à l'intérieur de programmes nationaux et internationaux

Un moyen efficace de coopération nationale et internationale

La coopération au niveau national et international peut impliquer des partenaires de diverses origines (par exemple plusieurs organismes de recherche, des organismes de recherche et des universités, des acteurs de la recherche publique et privée, des porteurs d'enjeux, etc.). Cette coopération ayant pour objectif de mener des recherches interdisciplinaires est facilitée parce que ce type de recherche demande une concertation poussée sur le plan scientifique, mettant en exergue les intérêts communs et plaçant au second plan les égoïsmes de chacun.

Une diversité d'outils testés

Au cours de cette histoire, divers outils ont été et sont testés pour faciliter l'interdisciplinarité, mais ils partagent les caractéristiques suivantes : construction concertée du champ de recherche, questionnement scientifique commun et décliné dans les diverses disciplines concernées, ouverture et extension de la communauté, via des appels à propositions de recherche, travail régulier, sinon permanent, sur un même lieu, partage de techniques et de méthodes, organisation du travail de recherche et animation scientifiques (séminaires, publications internes,...), restitutions périodiques souvent sous forme des colloques, publications à la fois d'articles dans des revues disciplinaires et surtout de synthèses périodiques interdisciplinaires, évaluation périodique du travail scientifique. Le tout correspond à un projet bien défini, réalisé en un temps donné évalué *a priori* et *a posteriori*.

Les programmes interdisciplinaires restent les structures les mieux rodées et c'est grâce à leur expérience que ces caractéristiques communes se sont progressivement décantées. Ils n'intègrent pas explicitement l'« unité de lieu », mais la pratique de la recherche conduit spontanément les chercheurs à se retrouver sur un même lieu, par exemple des terrains de recherche ou autour d'instruments communs. Ces programmes sont de géométries variables, mais sont souvent déclinés en thèmes de recherche.

Groupes de recherche (GDR) interdisciplinaire ont un statut de laboratoire sans mur, dans leur structure et leur fonctionnement interne, ils se rapprochent des programmes, mais sont plus ciblés et plus limités dans leurs contours. Certains de ces GDR ont été créés par des programmes, comme des spécialisations, des déclinaisons, sur des sujets précis. Un exemple récent mérite d'être cité, celui du programme « chimie pour le développement durable », intégré maintenant dans IngEcoTech, qui a structuré la communauté de près de 1000 chercheurs dans 4 GDR.

¹⁸ Jacques Hamel. Réflexions sur l'interdisciplinarité à partir de Foucault, Serres et Granger. *Revue européenne de sciences sociales*. 33:110, 1995, 191-205. On notera au passage que la réflexion sur l'interdisciplinarité concerne au premier chef les sciences sociales, à la fois pour leur propre dynamique et pour leurs interactions avec les autres secteurs scientifiques.

Les 15 programmes interdisciplinaires du CNRS (fin 2010)

(1) Amazonie (Analyse, modélisation et ingénierie des systèmes amazoniens), (2) C'Nano (nanotechnologies), (3) Eaux et territoires, (4) Ecosphère Continentale et Côtière, (5) Energie et aval du cycle de l'énergie nucléaire, (6) Environnements planétaires et origines de la vie (EPOV), (6) IngEcoTech (Chimie durable et Ingénierie écologique), (7) Innovations thérapeutiques, (8) Interface physique, biologie et chimie, (9) Longévité et vieillissement, (10) Maladies infectieuses et environnement, (11) Matériaux, (12) Neuroinformatique et neurosciences computationnelles, (13) Particules et Univers : observation, données, information, (14) Sciences de la Communication, (15) Ville, environnement, mousson

Dispositifs expérimentaux et plateformes technologiques permettent la rencontre des chercheurs et le partage d'expérience, ce sont des moyens privilégiés d'émergence de projets interdisciplinaires.

Hôtel à projets sont des lieux d'accueil de chercheurs et d'équipes, hors de leurs laboratoires habituels, pour des durées plus ou moins longues, pour réaliser des projets collectifs demandant un exercice de l'interdisciplinarité. Ils sont pourvus de moyens techniques conséquents et des compétences permettant leur mise en œuvre. Les premières expériences semblent très satisfaisantes.

Les quatre premiers hôtels à projets labellisés fin 2010

- l'Institut Européen de Chimie et Biologie (IECB) à Bordeaux, interface biologie-chimie
- le Laboratoire Joliot-Curie (LJC) à Lyon, interface biologie-physique-chimie
- l'Institut de Recherche Interdisciplinaire (IRI) à Lille, interface biologie-physique-bioinformatique-chimie
- l'Institut des Technologies Avancées en Sciences du Vivant (ITAV) à Toulouse, interface biologie-nanotechnologies-chimie.

Des structures transversales sont aussi interdisciplinaires de part leur objet de recherche et leur fonction au sein de l'établissement. C'est le cas de l'ISCC, l'**Institut des Sciences de la Communication du CNRS** ayant vocation à construire le champ de recherche correspondant. Le modèle conceptuel nécessaire à cette construction s'appuie sur un « carré des connaissances », dont les quatre angles sont : l'épistémologie comparée et l'interdisciplinarité, l'expertise et les controverses, les industries et l'ingénierie des connaissances, les rapports entre sciences, techniques et société.

Diverses **actions** peuvent être lancées entre des structures de recherche, par exemple des instituts du CNRS. C'est ainsi qu'épisodiquement sont conçues et soutenues des actions sur la modélisation. Le soutien plus long au programme MSN fin des années 1990, lui permettant d'évoluer, aurait peut-être été plus efficace que ces répétitions. Début 2011, la gouvernance du CNRS a proposé de banaliser l'ensemble des initiatives et opérations interdisciplinaires sous l'intitulé AIR (Actions Interdisciplinaires de Recherche) au prix, sans doute, d'une moins grande lisibilité, notamment au niveau international, où, par exemple, la notion de programme est connue et reconnue.

Conclusion

L'effort prolongé et continu, malgré les difficultés, est une première preuve de l'intérêt des recherches interdisciplinaires et singulièrement des programmes de recherches dédiés. Sur la base de l'expérience accumulée, cet effort est autant le fait des diverses gouvernances passées, que des équipes et des chercheurs qui se sont mobilisés et qui ont été fidélisés. Des programmes ont mené à l'émergence de structure, c'est le cas de l'actuel Institut Écologie-Environnement, qui n'est pas né un

matin de 2009 du fait d'un demiurge omniscient, mais qui hérite de 30 années de recherches menées par les programmes successifs de recherches interdisciplinaires sur l'environnement et de la constitution progressive d'une véritable communauté ayant permis cette émergence, précédée par celle d'un département « environnement et développement durable ».

La mise en œuvre de l'interdisciplinarité devient une nécessité étant donné les questions de recherches actuelles, la complexité des problèmes posés, qu'ils viennent de la société ou de la dynamique scientifique. C'est un enjeu stratégique pour les organismes de recherche, notamment le CNRS. En effet, ils sont en meilleure position pour répondre à cet enjeu que les universités, et pas qu'en France¹⁹. Ils ont aussi pour fonction de faire passer cette expérience dans le milieu universitaire. C'est un des arguments qui milite en faveur d'un système de recherche et d'enseignement supérieur avec des acteurs complémentaires : les universités, des organismes de recherche et des agences, pour peu que le dialogue soit permanent.

Le CNRS, depuis les années 1960, a su jouer ces partenariats avec les Unités de recherche plongées dans les universités et l'implication des enseignants chercheurs, aussi bien dans ces unités que dans les programmes de recherche, notamment interdisciplinaires, qu'il a conçus et soutenus. Il doit avoir pour projet de continuer à jouer un rôle déterminant dans le paysage en évolution du système d'enseignement supérieur et de recherche français et pour cela il saura s'adapter comme il l'a déjà fait maintes fois. Il a été un support pour le développement de la recherche au sein des universités, mais principalement au niveau des laboratoires ; maintenant il doit, en plus, contribuer à plusieurs autres niveaux, notamment celui des établissements : stratégies de recherche, connexions avec la recherche internationale, notamment via les grands programmes, etc., et bien sûr aider à la mise en œuvre de l'interdisciplinarité au sein des universités, tâche pour lesquelles, nous venons de le voir, elles sont mal préparées. Il reste également à investir dans la formation à l'interdisciplinarité à laquelle le CNRS a déjà participé par des écoles thématiques notamment, mais il reste à initier les étudiants, voire les élèves, précocement à la pratique de l'interdisciplinarité à tous les niveaux, mais principalement dans les formations doctorales pour encore mieux les adapter aux évolutions actuelles en matière d'emploi scientifique, mais pas uniquement²⁰.

L'expérience du CNRS, en la matière tant pour la recherche que pour la formation, peut être déterminante pour entraîner le système d'enseignement supérieur et de recherche français, dans son ensemble, vers le meilleur niveau mondial, mais en respectant les qualités de chacun. Même si l'analyse présentée ici est tirée de celle du CNRS, beaucoup des points évoqués ont une plus grande valeur de généralité et peuvent de ce fait être utiles à beaucoup d'autres institutions de recherche et d'enseignement supérieur, ou même d'autres secteurs d'activité, notamment industriels.

¹⁹ Cf., par exemple : Miller, C.A. Policy challenges and university reform. In « The Oxford Handbook of Interdisciplinarity », Oxford University Press. 2010, 333-359.

²⁰ On retiendra la critique récente parue dans Nature du système des PhD anglosaxons (numéro du 21 avril 2011). L'article introductif est particulièrement décapant :

Mark Taylor. Reform the PhD system or close it down. *Nature*, 472, 2011, 261.

Cet article est en libre accès à l'adresse : http://www.nature.com/news/2011/110420/full/472261a.html?WT.ec_id=NATURE-20110421

En France, l'ajustement de la formation doctorale à ce modèle a néanmoins tenu compte, en partie, des défauts de ce système et surtout d'une inadaptation partielle à l'évolution de la recherche scientifique et aux attentes des autres secteurs employeurs des PhD. Il est dommage que cette enquête n'en ait pas tenu compte. Une formation à l'interdisciplinarité et à sa pratique existe en partie, mais reste encore à améliorer.