

*Ministère de la Recherche
Conseil Supérieur de la Recherche et de la Technologie*

Contribution du CSRT à l'analyse des

Recherches sur l'environnement en France

Alain Pavé

Décembre 2001

- Ce texte a été publié dans le rapport annuel du CSRT 2001, pp95-131) -

SOMMAIRE

SUGGESTIONS	1
1- LES CARACTERISTIQUES DE L'APPROCHE SCIENTIFIQUE DE L'« ENVIRONNEMENT » ET SES CONSEQUENCES SUR L'ACTIVITE SCIENTIFIQUE	2
1.1. QUESTIONS, OBJECTIFS ET APPROCHES SCIENTIFIQUES	3
1.2. LA QUESTION DE L'INTERDISCIPLINARITE	6
1.3. LES QUESTIONS D'ETHIQUE	7
1.4. L'ORGANISATION PROGRESSIVE DU CHAMP DE RECHERCHE	7
2- LES RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT EN FRANCE	9
2.1. ASPECTS QUANTITATIFS ET L'IMPLICATION DES DIFFERENTES DISCIPLINES.....	10
2.2. LE DISPOSITIF DE RECHERCHE	12
<i>Les programmes de recherche</i>	13
<i>Les dispositifs de terrain</i>	14
<i>Les moyens d'observation, d'expérimentation et l'instrumentation</i>	16
2.3. CONCLUSION.....	17
3- LA NECESSITE ET LES VOIES D'UNE ORGANISATION COHERENTE DU SYSTEME DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT	18
3.1. DIFFERENTS MODES ET NIVEAUX DE STRUCTURATION	19
3.2. UNE REFLEXION COLLECTIVE POUR « UNE AIDE A LA DECISION » EN MATIERE DE STRUCTURATION DES RECHERCHES SUR L'ENVIRONNEMENT	20
ANNEXE 1 LES PROGRAMMES ET ACTIONS DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT EN FRANCE	22
ANNEXE 2 ORGANIGRAMME DES PROGRAMMES INTERNATIONAUX DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT	27
ANNEXE 3 LES TRAVAUX DE LA NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES ET DE LA NATIONAL ACADEMY OF TECHNOLOGY DES ETATS-UNIS : GRAND CHALLENGES IN ENVIRONMENTAL RESEARCH.	29
LES CYCLES BIOGEOCHIMIQUES	29
LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET LE FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES	29
LA VARIABILITE CLIMATIQUE	30
LA PREVISION HYDROLOGIQUE	30
LES MALADIES INFECTIEUSES ET L'ENVIRONNEMENT	30
LES INSTITUTIONS ET L'USAGE DES RESSOURCES.....	30
LA DYNAMIQUE DE L'UTILISATION DES TERRES.....	31
REINVENTER L'USAGE DES MATERIAUX.....	31
LES ASPECTS GENERAUX.....	31
DISCUSSION EN SEANCE	32

Suggestions

Dans un objectif de développement durable des sociétés humaines, les enjeux des recherches sur l'environnement sont d'en comprendre toute la complexité, d'appréhender son évolution, d'identifier les effets bénéfiques et nuisibles, de proposer des modes d'action pour amplifier les aspects positifs et pour limiter les incidences négatives.

Devant la multiplicité des acteurs de la recherche sur l'environnement, face aux questions et aux enjeux économiques et sociaux, nationaux et internationaux, il y a lieu de mieux organiser notre dispositif de recherche. Cependant, cette volonté doit impliquer la communauté scientifique et avoir pour premier objectif de faire évoluer l'existant en le simplifiant et en limitant la création de nouvelles structures. À cette fin, il est souhaitable :

1- De rendre lisible la politique de recherche et d'améliorer l'efficacité du dispositif scientifique, d'éviter le saupoudrage des moyens et d'assurer un soutien à long terme, en particulier par une mise en cohérences des programmes. À cette fin, on peut proposer :

- d'établir rapidement d'un état des lieux permettant de faire des propositions de restructuration et de simplification, par exemple en regroupant certains programmes, pour éviter des redondances ou la formation d'isolats ;

- parallèlement, de réfléchir à un nombre limité de structures qui fédèrent l'ensemble de ces programmes. Ces structures doivent être conçues dans un esprit de promotion de recherches interdisciplinaires. Parmi les solutions possibles, on pourrait envisager d'utiliser le cadre du CNRS, qui a une grande pratique dans la mise en place de dispositifs interdisciplinaires et interorganismes (Programmes interdisciplinaires de recherche et Instituts nationaux, comme l'INSU).

2- De développer la recherche pour l'ingénierie des systèmes environnementaux (systèmes écologiques, systèmes biogéochimiques) et promouvoir l'élaboration de modèles, aussi bien dans un objectif de compréhension globale des dynamiques environnementales, que pour l'aide à la gestion intégrée des systèmes environnementaux. Il s'agit aussi d'encourager l'effort technologique entrepris depuis une trentaine d'années pour limiter les incidences négatives des activités de productions industrielles et agricoles ainsi que des transports.

3- De doter les recherches environnementales de moyens d'observation et d'expérimentation à long terme analogues aux *très grands équipements* (TGE) : réseaux de zones ateliers et d'observatoires de recherche sur l'environnement, bateaux, avions, satellites, moyens lourds d'analyse. Dans ce cadre, il s'agit aussi de mettre en place une politique de gestion et d'exploitation des données en créant des bases de données et de connaissances, documentées et référencées, accessibles à la communauté scientifique.

4- De mieux valoriser les richesses géographiques, géophysiques, écologiques et humaines de notre territoire national, notamment outre-mer, pour les recherches sur l'environnement.

5- De mobiliser chercheurs et institutions par grands secteurs disciplinaires : évolution et mobilisation nécessaires des Sciences de l'homme et de la société, meilleure implication des sciences de la vie et du secteur des sciences pour l'ingénieur dans les recherches sur l'environnement. Parmi les solutions possibles, on pourrait envisager d'inciter à la création d'Instituts de recherche sur l'environnement, lieu d'animation et de recherche scientifiques, avec « murs » ou « sans murs » et respectant le principe de double appartenance : disciplinaire et thématique.

6- De mettre en œuvre une politique d'emploi scientifique permettant de répondre aux besoins de la recherche sur l'environnement : inciter au fléchage de postes disciplinaires et à double compétences sur des problématiques environnementales.

7- De s'appuyer sur des groupes ou des structures de réflexion ou de concertation existants ou en projet. Comme le Comité de coordination des sciences de la planète et de l'environnement, le Comité consultatif sur le changement climatique et sur le développement durable, le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie, le groupe de rédaction du Rapport sciences et technologie « ingénierie des territoires » de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies.

Les recherches sur l'environnement en France

Alain Pavé

Avant-propos

Les recherches sur l'environnement posent des problèmes particuliers autant dans l'activité scientifique elle-même que dans leurs implications techniques, économiques, politiques, culturelles et sociales, par la nature des questions qu'elles se posent ou qui leur sont posées et auxquelles elles tentent de répondre. Elles sont aussi source de progrès pour la méthodologie scientifique. Ainsi, l'étude des systèmes environnementaux demande d'avancer dans l'analyse et la modélisation de la complexité et, le plus souvent, de mettre en place une démarche interdisciplinaire. Ces progrès sont bénéfiques à tous les domaines de la recherche.

Une communauté scientifique nationale et internationale s'est progressivement constituée depuis le début des années 1970. La difficulté de l'exercice a conduit les organisations scientifiques internationales à structurer la recherche en grands programmes, par exemple l'*International Council of Scientific Unions* (ICSU) avec le *Programme International Géosphère-Biosphère* (PIGB). Cependant, au niveau national et européen, de tels cadres de travail ont quelques difficultés à se constituer. Ainsi, le faible pouvoir structurant et les minces assises stratégiques des précédents PCRD sont à relever. En revanche, on peut espérer que le 6^{ème} PCRD offre un cadre nouveau d'organisation. En France, l'effort de recherche et surtout de structuration scientifique n'est pas réellement à la hauteur des enjeux, ni au niveau des savoirs accumulés, même si on tient compte de la diversité des objectifs. Le dispositif est éclaté et la tendance actuelle ne va pas dans le sens d'un regroupement des actions, alors que tout le monde s'accorde à dire qu'il est nécessaire de mieux coordonner les recherches sur l'environnement. L'objectif de cette note est d'analyser les causes de cette situation et de faire des suggestions de structuration.

Concrètement, en France, une analyse de l'ensemble des programmes qui ont été répertoriés (annexe 1) montre que le dispositif actuel, peut se décliner trois grandes catégories d'objectifs :

- 1) acquisition des connaissances sur le fonctionnement des systèmes environnementaux pour mieux comprendre, prévoir, réguler et définir le cadre scientifique de l'action ;
- 2) bases scientifiques de l'appui à la décision publique, il s'agit de prendre en compte rapidement l'évolution de la demande et de l'attente politique, économique et sociale ;
- 3) développement technologique : conception de procédés « propres », de techniques et de pratiques nouvelles pour la gestion de l'environnement.

À un an de « Rio+10 », il nous semble important de faire le point et de faire des suggestions en ce qui concerne notre dispositif de recherche. Cela n'exclut pas évidemment de faire, par ailleurs, un bilan de l'effort de recherche consenti depuis 10 ans, des résultats obtenus et de leurs impacts.

1- Les caractéristiques de l'approche scientifique de l'« environnement » et ses conséquences sur l'activité scientifique

L'environnement est devenu un domaine de recherche dans les années 1970. Cependant, on peut remarquer que la science s'est essentiellement construite à partir de l'étude des objets qui nous entourent et des phénomènes qui les font évoluer. Par exemple, les botanistes s'intéressent aux plantes, les zoologistes aux animaux, les géologues au monde minéral, les chimistes, pour une partie de leur activité, aux composés naturels. Mais chacun reste centré

sur son sujet d'étude, se spécialisant sur des groupes d'objets de plus en plus précis, voire sur un seul d'entre eux.

Or, l'environnement n'est pas constitué par la simple liste de ces objets et ne résulte pas de leur dynamique autonome. En effet, pour comprendre sa structure et son évolution, voire le fonctionnement des objets qui le composent, il faut prendre en compte leurs relations réciproques. De plus, les sociétés humaines, par leurs activités et pour satisfaire leurs besoins, modifient cet environnement, notamment par les usages qu'elles en font et par les techniques qu'elles emploient (prélèvement de ressources, activités industrielles et agricoles, production d'énergie, aménagement de l'espace et artificialisation des milieux, transports). En retour, ces mêmes sociétés sont influencées par l'état et l'évolution des milieux où elles vivent et dont elles vivent.

On comprend donc, que du point de vue scientifique, beaucoup de disciplines sont convoquées au rendez-vous de l'environnement : sciences de la nature (géosciences, biosciences), sciences chimiques, sciences de l'homme et de la société, mais aussi sciences de l'ingénieur. Par ailleurs, la nécessité de gestion des données, de représentations synthétiques, de modélisation, interpelle l'informatique et les sciences mathématiques. Mais plus que le simple collage disciplinaire, la communauté scientifique a fait le constat d'une nécessaire évolution de la pratique scientifique en passant de la monodisciplinarité à la pluridisciplinarité, puis à l'interdisciplinarité, c'est-à-dire à un fonctionnement différent de celui qui a fait les grandes heures de la science du XX^{ème} siècle et à partir duquel notre système de recherche s'est progressivement organisé. Il ne s'agit plus seulement d'étudier des collections les plus homogènes possible d'objets de notre environnement, mais d'ériger graduellement l'environnement, lui-même, en objet de recherche par l'étude des relations entre les objets ou catégories d'objets qui le composent. On ne s'étonnera pas que la définition du mot « environnement », au sens scientifique, ait été, en elle-même, une difficulté. Il est largement admis aujourd'hui que « *l'environnement, c'est celui de l'homme et des sociétés humaines* ». Les recherches sur l'environnement se focalisent donc sur tout ce qui entoure ces sociétés et sur les relations qu'elles entretiennent activement ou passivement avec leur environnement, mais excluent les aspects autonomes du fonctionnement de ces sociétés. Cependant, cette définition ne fait qu'esquisser l'enveloppe ; on peut néanmoins en préciser le contenu.

Encadré 1 : une définition de l'environnement

« L'environnement, c'est ce qui entoure l'homme, les sociétés humaines, de l'environnement local d'un individu ou d'un groupe d'individus à l'environnement planétaire, celui de l'ensemble des sociétés humaines. Il se compose d'éléments naturels non vivants (eau, air, roches), d'êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes), des dérivés de l'activité humaine (productions, énergie, transports, aménagements, pollutions et déchets). Ces ensembles sont en interactions. Ils sont structurés et organisés, soit spontanément par leurs propres dynamiques, soit par l'activité de l'homme et des sociétés humaines, et par les interactions entre les processus naturels et les actions anthropiques. » (Cf., par exemple, *Natures, Sciences, Sociétés*, 1, 1993).

1.1. Questions, objectifs et approches scientifiques

Depuis le milieu des années 1990, suite à une réflexion menée à l'occasion de la Conférence de Rio, il apparaît que les recherches sur l'environnement s'organisent autour de trois grandes problématiques : (1) les changements planétaires (modifications de l'effet de serre, évolutions climatiques, conséquences environnementales des processus de mondialisation), (2) la

dynamique et la gestion des ressources renouvelables (biodiversité, eau, sol), (3) le cadre de vie et les relations environnement-santé¹.

Ces recherches sont principalement menées à des échelles spécifiques à ces problématiques : pour la première, l'échelle est planétaire ou globale ; pour la seconde, on se réfère principalement à la dimension régionale ; pour la troisième, les approches sont le plus souvent locales. Cependant, le problème des changements d'échelles est au centre des préoccupations actuelles.

Par exemple, pour le changement climatique, on s'intéresse de plus en plus aux échelles régionales et locales (*impacts* des changements climatiques, mais aussi *contribution* des systèmes géophysicochimiques et écologiques à ces changements). Des recherches expérimentales et méthodologiques sont menées à cet effet. Ainsi, il est important de pouvoir évaluer les incidences régionales et locales des changements climatiques (processus de « régionalisation »), mais il est aussi nécessaire de procéder à la démarche inverse : intégrer les processus locaux et régionaux pour évaluer leurs contributions, éventuellement amplificatrices ou régulatrices, aux changements climatiques. C'est ce qu'ont très clairement montré les deux exposés consacrés à la *Gestion des Impacts du Changement Climatique* (GICC), lors du récent colloque sur « l'Effet de serre et le changement climatique » (Ministère de la recherche, 21 mai 2001)². Par ailleurs et pour éviter toute ambiguïté, il est souhaitable de mettre plus explicitement en relation la notion géométrique d'échelle avec celle de niveaux d'organisations des systèmes naturels ou anthropisés. En effet, c'est cette dernière notion qui est pertinente sur le plan fonctionnel. Enfin, il y a lieu de préciser les constantes de temps caractéristiques des systèmes et des processus impliqués, et à quelles échelles spatiales elles correspondent³.

Pour la biodiversité, la question de son évaluation et de son évolution à l'échelle de la planète est posée. Plus généralement, la construction d'une *écologie de la biosphère* dans son ensemble doit être envisagée. Enfin, pour les relations environnement-santé, on s'interroge, par exemple, sur l'extension des pathologies locales, notamment pour les maladies infectieuses émergentes liées aux changements de l'environnement. De telles études nécessitent le développement des approches *dynamiques et spatialisées de l'épidémiologie* et d'intégrer les dimensions écologiques.

Les principales questions peuvent se regrouper en deux grands ensembles : (1) identifier et évaluer les parts respectives des processus spontanés et des interventions dues à l'homme qui sont responsables de l'évolution de notre environnement, (2) imaginer et

¹ Rappelons à cette occasion, que lors de cette conférence principalement politique, deux manifestations parallèles ont eu lieu : l'une scientifique et l'autre regroupant des industriels. Pour ce qui est de la manifestation scientifique, la communauté française a été très présente et très active. On pourra trouver les traces de ces réflexions dans diverses publications de l'époque. Pour ce qui est de la contribution de la communauté scientifique française, on pourra citer notamment :

- *Environnement et développement durable*, Ministère de la Recherche et de l'Espace, 1992. Document préparatoire à la conférence scientifique de Rio.
- *Lettre du Programme Environnement du CNRS*, n°6, 1992. Cette lettre a été traduite en anglais et diffusée lors de la conférence de Rio.
- *Natures-Sciences-Sociétés*, 1,1, 1993. Dans ce numéro sont présentées et argumentées ces trois grandes problématiques.

Les publications du Programme Ecotech du CNRS, notamment pour les questions relatives à l'énergie.

² Ces exposés ont été assurés par Jean-Claude André et Claudine Schmidt-Lainé.

³ Ces notions, souvent confondues sous le terme unique « échelle », sont très clairement identifiées et explicitées dans la contribution de Jean-Claude André, Gérard Mégie et Claudine Schmidt-Lainé: *Échelles et changements d'échelles : problématiques et outils*. In *Rapport RST « ingénierie des territoires »*, Académie des sciences et Académie des technologies (à paraître).

concevoir les politiques, les règles, les techniques et les pratiques susceptibles de limiter les conséquences de cette évolution jugées comme négatives, d'y remédier, de favoriser et d'amplifier les effets positifs. On comprend donc que les enjeux sont scientifiques, technologiques, politiques, économiques et sociaux.

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de mieux **analyser et comprendre**, de mieux **évaluer et prévoir** et de mieux **agir pour mieux gérer** les changements environnementaux. À cette fin, des recherches scientifiques et technologiques ont été spécifiquement lancées depuis une trentaine d'années. Ces recherches s'inscrivent dans le temps et dans l'espace : il ne s'agit plus de décrire des états, mais de comprendre des dynamiques, à des pas de temps très différents, de la nanoseconde des interactions moléculaires aux milliards d'années de l'évolution de notre planète ; on ne peut plus se limiter à des études locales, il faut envisager d'autres échelles, y compris planétaire ; tous les niveaux d'organisation sont concernés, de la molécule à l'individu, de l'individu à l'écosystème, de l'écosystème à la biosphère ; les objets, vivants et non vivants, sont de natures très diverses et distribués dans l'espace ; l'homogénéité est l'exception ; l'hétérogénéité et la diversité sont la règle, du microscopique au macroscopique ; l'homme intervient de façon déterminante, notamment par les techniques qu'il met en œuvre. Une des questions très actuelle est la gestion des *systèmes diversifiés*, que ce soient des systèmes naturels (biodiversité, par exemple) ou de systèmes économiques et sociaux (stratégie de diversification des productions chez les agriculteurs ou les industriels).

Ces caractéristiques particulières de l'environnement, vu comme objet de recherche, en font un système complexe, au sens premier du terme : multiples composantes de natures différentes en interactions, souvent non linéaires⁴, diversité des échelles d'espace et de temps, hiérarchisation en niveaux d'organisation reliés entre eux, non seulement pas des relations d'appartenance (par exemple, un individu d'une population) mais aussi fonctionnelles (par exemple, l'action d'un individu sur une population ou sur un écosystème). On notera que les systèmes de niveaux d'organisation inférieurs sont en général plus petits et qu'ils ont des constantes de temps plus faible que ceux de niveaux d'organisation supérieurs ; mais il n'y a pas proportionnalité. De plus, dans des études qui considèrent simultanément des systèmes de différentes natures, par exemple des systèmes écologiques et des systèmes sociaux, il y a lieu de définir l'espace d'étude, la durée de l'étude et l'échantillonnage spatio-temporel des données de façon que ces systèmes soient inclus dans cet espace et que le temps de l'étude assure l'observation des phénomènes qui les font évoluer.

On voit donc que l'approche scientifique de l'environnement pose des problèmes techniques, méthodologiques et conceptuels particuliers. En outre, il ne s'agit pas uniquement d'analyser et de comprendre, mais aussi de trouver des solutions. C'est un défi important pour la recherche scientifique. Le relever nécessite une évolution des pratiques et des méthodes de recherche, ce qui a des conséquences sur l'organisation du travail scientifique et qui devrait progressivement se traduire au niveau de notre dispositif de recherche.

⁴ Très schématiquement, on pourra retenir que les relations linéaires sont celles où les effets sont proportionnels aux causes. Elles sont non-linéaires lorsqu'il n'y a pas proportionnalité (par exemple, la présence d'un seuil qui fait passer brusquement d'un état à un autre). Le plus souvent, pour les procédés technologiques, on essaye de se placer dans des zones de fonctionnement linéaire ou quasi linéaire. Cependant, on constate que ce n'est pas toujours possible, il faut alors développer des techniques spécifiques, par exemple pour le contrôle de ces procédés. Enfin, beaucoup de phénomènes « naturels » spontanés sont non-linéaires. C'est ce qui explique que des efforts importants sont consacrés à l'étude de ces phénomènes et des modèles non-linéaires qui les représentent.

1.2. La question de l'interdisciplinarité

Interdisciplinarité⁵ est devenu un mot magique, mais un mot ne suffit pas à changer les habitudes. Il s'agit de faire collaborer plusieurs disciplines à la résolution de problèmes scientifiques communs, alors que l'énoncé même des problèmes lui-même demande déjà une telle collaboration.

De façon générale, le processus de construction interdisciplinaire peut différer en fonction des problèmes à résoudre. Ainsi, pour mieux explorer le monde vivant, la contribution de la biologie ne suffit pas. Il faut y associer d'autres disciplines comme la physique, la chimie, les mathématiques. Cette construction se fait par agrégations successives autour d'une catégorie d'objets de recherche bien identifiée par les biologistes : les systèmes vivants. On pourrait presque dire qu'elle se fait « naturellement ».

Pour l'environnement, on se trouve devant une situation différente : il faut étudier une multitude de catégories d'objets, chacune d'elles faisant partie du discours central d'autant de disciplines. Les pédologues parlent des sols ; les biologistes végétaux s'intéressent aux plantes qui poussent sur ces mêmes sols ; les agronomes se focalisent sur l'agriculture, notamment la culture des plantes qui poussent sur les sols et qui sont l'objet d'attentions particulières de la part des agriculteurs. Des économistes et des sociologues du monde rural analysent ce groupe social particulier et ses productions. Les physiciens de l'atmosphère s'intéressent aux bilans radiatifs et à la dynamique des couches d'air, à leurs variations en fonction des modifications de l'effet de serre. Et la circulation atmosphérique a un effet direct sur la biosphère, en particulier sur sa composante agricole, qui, elle-même, influence la composition de l'atmosphère.

De fait, le problème central de l'interdisciplinarité en matière d'environnement est de « recoller les morceaux du puzzle » par l'étude des relations entre les diverses composantes de l'environnement, et par là même de revisiter nos connaissances sur chacune de ces composantes dans son « contexte environnemental ». Il n'est donc pas étonnant que relever ce défi demande du temps et une patiente et progressive construction d'une démarche interdisciplinaire. **Dans l'état actuel des choses, ne participant pas à une dynamique scientifique spontanée, cette construction demande une organisation particulière.** C'est pour cette raison qu'ont été conçus des programmes de recherche interdisciplinaire, que des dispositifs de recherche sur le terrain sont patiemment élaborés, que les établissements de recherche sont confrontés à la difficulté de l'exercice et peinent quelque peu à le résoudre et, enfin, qu'une revue scientifique interdisciplinaire a été créée : *Natures, Sciences, Sociétés*.

Enfin, on pourra remarquer que cette vision scientifique de l'environnement, centrée sur l'étude relations entre les objets qui le composent, conduit à une nouvelle lecture de l'histoire de notre planète et à mieux cerner les particularités de l'époque actuelle. L'histoire de la vie et celle du milieu physique sont lues simultanément. On comprend mieux certains événements : crises de la biodiversité, modelage des milieux par les êtres vivants. Les questions sur la variabilité climatique ont conduit à des études plus fines des climats du passé, allant au-delà des grandes glaciations. Cette histoire permet ainsi de relativiser les évolutions

⁵ Nous éviterons d'autres néologismes comme « transdisciplinarité ». Si l'intention est louable, la réalité du travail scientifique est plus modeste. Les seuls domaines qui peuvent revendiquer en partie ce terme sont d'essence méthodologique, comme la modélisation. Ces méthodologies, d'une certaine façon, traversent les disciplines (cf. par exemple : le rapport de conjoncture du CNRS, 1999, le texte fondateur du Programme Modélisation et Simulation Numérique du CNRS, proposé par C. Schmidt-Lainé en 1997, les travaux du thème « Méthodes, Modèles et Théorie » du Programme Environnement du CNRS entre 1990 et 1998). Il n'est donc pas étonnant qu'on trouve de plus en plus les modélisateurs et de modélisatrices au cœur des coopérations entre disciplines.

actuelles et de mieux cerner les effets de l'action de l'homme sur les grandes dynamiques planétaires. Elle permet aussi de repenser l'histoire de l'homme et des sociétés humaines en relation avec son environnement.

1.3. Les questions d'éthique

Les recherches sur l'environnement sont en prise directe avec des préoccupations sociales, économiques et politiques. Les chercheurs sont souvent convoqués comme experts. De plus, une partie des moyens de leurs recherches dépendent de contrats divers. Enfin, ils sont fréquemment en prise directe avec des ministères techniques ou des collectivités régionales et locales. Il est légitime que ces derniers expriment une demande de recherche, qu'ils y attribuent des moyens ; mais il se peut aussi qu'ils influencent, plus ou moins consciemment, le jugement des chercheurs. Ces dernières années, les problèmes d'éthique ont principalement et fort justement concerné les recherches médicales et biologiques ; il est souhaitable qu'une réflexion du même ordre soit menée par la communauté des chercheurs concernés par les sciences de l'environnement.

1.4. L'organisation progressive du champ de recherche

Les réflexions tant au niveau international que national, menées depuis une trentaine d'années, ont conduit à une vue de plus en plus synthétique des problèmes. L'approche conceptuelle en matière d'environnement, parfois décriée et pourtant apanage de la recherche scientifique, a fourni des éléments permettant une traduction en termes de problématiques scientifiques, voire de dispositif de recherche. Très globalement, on peut résumer ces réflexions par des schémas simples (figure 1).

On remarquera l'identification d'une composante technique, la plupart du temps incluse dans la composante économique et sociale. Et pourtant, comme nous l'avons déjà souligné, c'est essentiellement par les techniques, qu'il conçoit et qu'il utilise, que l'homme agit, volontairement ou involontairement, sur son environnement. C'est aussi en grande partie grâce à des dispositifs techniques qu'il appréhende et qu'il cherche à comprendre les phénomènes qui s'y déroulent. Il y a lieu de construire un discours spécifique à ce propos qui aille au-delà des problèmes de pollutions, de dépollution et des questions économiques qui leur sont liées, même si elles restent de grande importance. Il s'agit notamment d'étendre le domaine en développant un secteur des « sciences pour l'ingénierie de l'environnement », déjà en émergence, et tout particulièrement pour l'ingénierie des systèmes écologiques⁶.

L'étude des objets constituant l'environnement relève plutôt des disciplines traditionnelles. Mais pour comprendre ses dynamiques, son fonctionnement et les structures qui en résultent, il est nécessaire d'identifier et d'évaluer les interactions entre ces objets (travail interdisciplinaire dans les sciences de la nature). De plus, l'état, le fonctionnement et les dynamiques environnementales sont influencés, directement ou indirectement, par l'activité des sociétés humaines, notamment par le biais des techniques qu'elles utilisent et des pratiques qu'elles mettent en œuvre⁷. En retour, les dynamiques sociales et les dispositifs techniques ne sont pas indépendants de leur environnement (par exemple, on peut penser aux effets sur la santé et à leurs conséquences économiques et sociales).

⁶ L'ACI Écologie quantitative affiche clairement cette préoccupation.

⁷ L'identification claire de la composante « technique », en tant que telle, était l'un des résultats, à l'époque inattendu, de l'enquête internationale menée par l'Association Descartes dont les résultats furent présentés en 1998. Cf. par exemple : *La Recherche*, Février 1998.

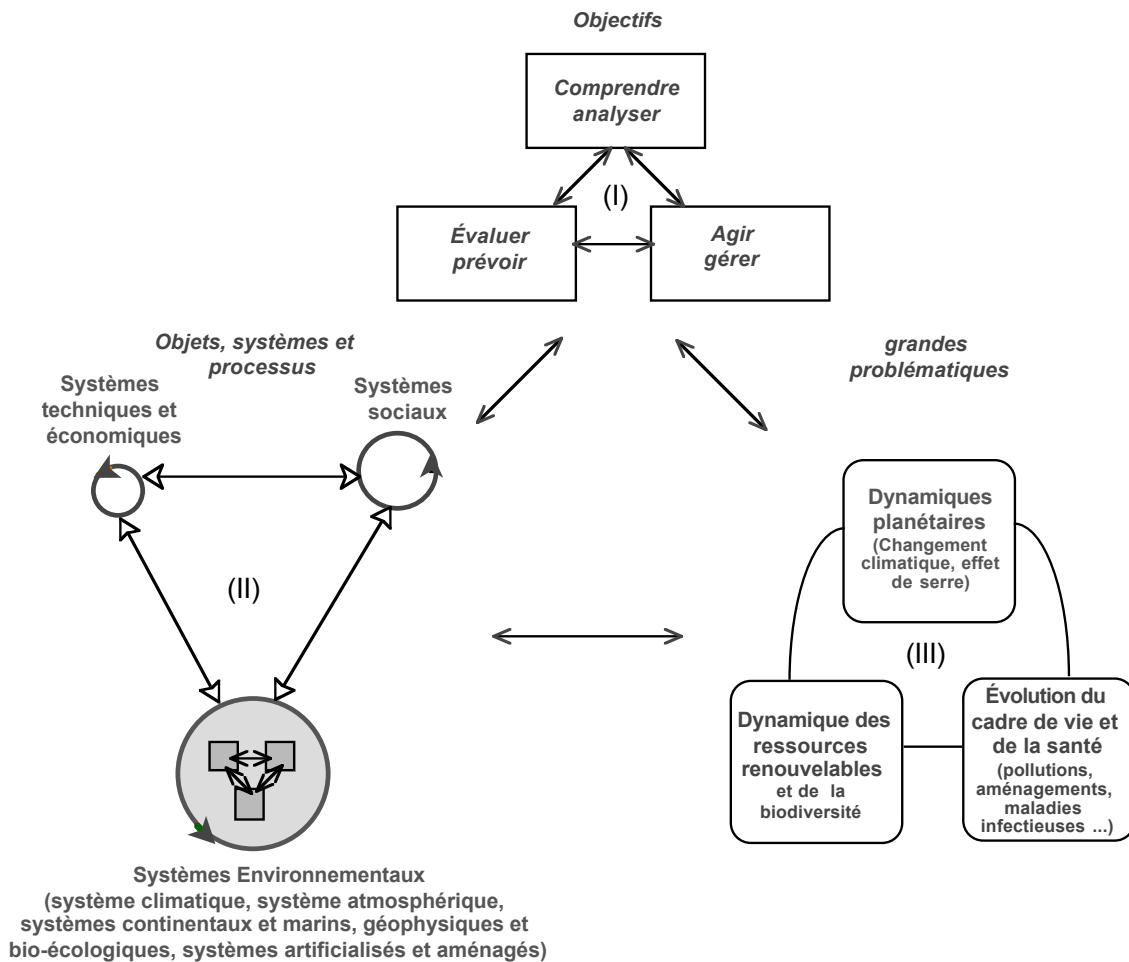


Figure 1- Les différentes dimensions des recherches sur l'environnement. On distingue l'approche « centrée objet » (systèmes et processus), l'approche « orientée problème » et l'approche par objectifs. La recherche en général, notamment la recherche sur l'environnement, procède de ces trois approches. Ainsi, les recherches sur le *changement climatique* vont d'abord privilégier l'étude des *systèmes atmosphériques et océaniques* dans un *objectif de compréhension* des principaux traits du fonctionnement du système climatique, pour *prévoir son évolution*⁸.

Les aspects techniques sont très liés à l'économie, mais l'économie de l'environnement ne leur est pas réductible (par exemple, on pense de plus en plus à donner une valeur patrimoniale à des systèmes naturels ; par ailleurs, ces mêmes systèmes fournissent des « services », comme la dépollution, qu'on tente d'estimer⁹).

Enfin, les diverses composantes de ce schéma peuvent aussi agir sur les interactions elles-mêmes (par exemple, on peut trouver des solutions techniques ou réglementaires qui modifient les effets de l'environnement sur l'état de santé des sociétés humaines). La recherche sur l'environnement doit se focaliser sur l'étude de ces interactions qui ne peuvent

⁸ On notera que ce schéma général résulte de la compilation de schémas publiés par ailleurs. Ainsi le schéma II apparaît dans les documents de l'OCDE (SG/SD(99)1). Une version voisine peut être trouvée dans *Natures, Sciences, Sociétés* en 1997 (vol. 5, n°1, p50-63). Dans ce dernier cas, la composante technique était identifiée en tant que telle, sans la lier explicitement avec la composante économique. Il nous semble aujourd'hui, comme l'OCDE, qu'il est mieux de réunir économique et technique dans un même pôle. Le schéma (III), sous une forme proche, a été proposé dans *Natures, Sciences, Sociétés* en 1993 (*op. cit.*).

⁹ Constanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. and Ven en Bely M. The value of the world's ecosystem services and naturel capital. *Nature*, 387, 1997, 253-260.

être abordées que par des recherches interdisciplinaires impliquant les sciences de la nature, les sciences chimiques, les sciences de l'homme et de la société et les sciences de l'ingénieur.

On ne mène pas de recherche sur un objet sans se poser des questions sur cet objet et sans étudier les relations entre les questions auxquelles on tente de répondre. Le schéma de droite (orienté problème) explicite les relations entre les trois grandes catégories de questions énoncées précédemment, qui, comme on l'a vu, correspondent à des échelles privilégiées (planétaire ou globale, régionale ou locale). Lors de l'activité de recherche, on est amené à faire des allers-retours entre le schéma de gauche « centré objets » et le schéma de droite « orienté problème », à travailler à plusieurs échelles et à établir les relations entre ces échelles, sans perdre de vue les objectifs de la recherche (schéma du haut) : comprendre, évaluer, prévoir et développer les **fondements scientifiques de nouvelles techniques** et pratiques (Cf. 1.1.).

Un tel schéma, encore à discuter, peut servir de base de réflexion pour établir les **liens entre les recherches pour le développement et les recherches sur l'environnement**¹⁰.

En tout état de cause, l'environnement est un objet vaste et complexe. Le risque est de se perdre dans le labyrinthe de sa complexité et de patauger dans un fouillis de concepts peu opérationnels. L'appréhender dans son ensemble, répondre aux diverses préoccupations, ne peut se faire que progressivement par la définition de **champs de recherche** précis. C'est l'une des difficultés de la construction des programmes de recherche sur l'environnement : définir des champs pertinents, pour répondre à des questions fondamentales ou finalisées, et, simultanément, encourager à l'élaboration d'une approche conceptuelle, synthétique et efficace des problèmes, en faisant que ces champs de recherche, tant dans leur structure interne que par leurs complémentarités et leurs cohérences réciproques, contribuent significativement à cette élaboration¹¹.

2- Les recherches sur l'environnement en France

Actuellement, le potentiel de recherche sur l'environnement est réparti entre les établissements publics de recherche (EPST et EPIC), les universités et les grandes écoles. Presque tous les établissements sont concernés. Mais aucun d'entre eux ne couvre le champ dans son ensemble, même le plus grand, le CNRS. Pour ne prendre que cet exemple, une part importante des questions relatives à l'agriculture lui échappe. C'est du domaine de compétence de l'INRA, du CIRAD et du *Cemagref*. Or on sait l'importance de ce secteur d'activité quand on parle d'environnement. En revanche, ces trois établissements ne peuvent à eux seuls couvrir le domaine. Le milieu urbain leur échappe, les zones littorales aussi, sans parler des aspects océaniques (IFREMER et INSU) et atmosphériques (INSU) ou même des conditions spécifiques des pays du Sud qui relèvent plutôt des compétences de l'IRD et du CIRAD (sans oublier le CNRS, dont beaucoup de chercheurs sont impliqués dans des recherches en coopération).

On peut déjà faire un premier constat : si les disciplines sont convoquées au rendez-vous de l'environnement, les divers organismes aussi. C'est pour cette raison que la plupart des programmes de recherche sur l'environnement sont non seulement interdisciplinaires, mais aussi interorganismes. À ce propos, on retiendra qu'il est souhaitable que les différentes

¹⁰ Ce schéma est plus complet que celui qui a été présenté dans *Human dominated ecosystems. Science*, 277, 1997, 445-608.

¹¹ Comme exemple récent de proposition sur une structuration opérationnelle du champ de recherche, on pourra se référer aux travaux menés sous l'égide de la National Academy of Sciences et de la National Academy of Technology des États-Unis, publiés récemment (cf. Annexe 3).

contributions soient prévues dès l'élaboration d'un dispositif de programmation et non pas *a posteriori*. Enfin, le continuum entre recherches fondamentales, recherches finalisées et activités d'expertise, implique aussi une étroite coopération entre organismes.

2.1. Aspects quantitatifs et l'implication des différentes disciplines

Pour une première approche quantitative, on peut se référer à une enquête réalisée par l'Institut français de l'environnement (IFEN) et le Service de la recherche et des affaires économiques (SRAE) du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATE), publiée en 1998¹², et dans laquelle les travaux de l'*Observatoire des sciences et techniques* (OST) effectués en 1995 ont été repris et actualisés¹³. Bien que ces enquêtes datent de plusieurs années, les constantes de temps du dispositif de recherche permettent de penser, qu'au moins dans les ordres de grandeur, les données sont encore d'actualité. Au total, on dénombrait 4572 chercheurs « équivalents temps plein » (ETP), hors thésards. Parmi ceux-ci, 2093 affichent une thématique environnementale comme finalité première (périmètre I) et 2479 comme objectif second (périmètre II). À partir de ces données, on peut tirer une répartition par grands secteurs scientifiques (tableau 1).

Secteur scientifique	Nombre de chercheurs en ETP (périmètre I)	Nombre de chercheurs en ETP (Périmètre II)	Total
Sciences de l'univers – Sciences de la Planète et de l'environnement	531 (25,4 %)	483 (19,5 %)	1014 (22,3 %)
Sciences de la vie	759 (36,3 %)	1286 (51,9 %)	2045 (44,7 %)
Sciences de l'ingénieur	556 (26,5 %)	434 (17,5 %)	990 (21,6 %)
Sciences de l'homme et de la société ¹⁴	247 (11,8 %)	276 (11,1 %)	523 (11,4 %)
Total	2092	2478	4571

Tableau 1 – Répartition des chercheurs travaillant sur l'environnement par secteur scientifique. Ce tableau ne rend qu'imparfaitement compte de la contribution du secteur de l'enseignement supérieur, sinon par le biais des enseignants-chercheurs travaillant dans des unités mixtes. Il ne tient pas compte de la recherche privée, qui, dans certains secteurs comme celui des « pollutions et dépollutions », n'est pas négligeable.

L'estimation financière actuelle globale de l'effort de recherche publique sur l'environnement au niveau des organismes est de l'ordre de 4 milliards de francs par an, soit 650 millions d'euro suivant une évaluation récente du Ministère de la recherche (en incluant les équipements spécifiques, par exemple les satellites ou la flotte océanographique). Si on tient compte de l'Université, des écoles, et de la recherche para-publique, on ne doit pas être loin de 10 milliards de francs pour environ 10000 personnes en comptant les personnels techniques de niveau ingénieur. Les recherches sur l'environnement ne sont certes pas les plus riches de la recherche, mais ils n'en sont pas non plus les parents pauvres. Mais ces moyens

¹² *La recherche publique sur l'environnement en France*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Services de la recherche et des affaires économiques. 1998, 236p.

¹³ Les organismes producteurs de recherche qui ont participé à cette enquête sont : le BRGM, le CEA, Le Cemagref, le CIRAD, le CNRS, le CSTB, l'IFREMER, l'INERIS, l'INRA, l'INED, l'INRETS, l'INRIA, l'INSERM, le LCPC, Météo-France, le MNHN, l'ONERA, et l'ORSTOM (IRD). Les organismes financeurs : le CNES, le Ministère chargé de l'environnement, l'ADEME.

¹⁴ Le secteur SHS comprend la géographie, naturellement impliquée dans l'étude des problèmes d'environnement. Une estimation de la contribution de ce secteur hors géographie donne environ 115 chercheurs pour le périmètre 1 et 193 pour le périmètre 2, soit au total 308 chercheurs.

sont-ils à la hauteur des enjeux ? Et surtout le dispositif de recherche est-il organisé pour une bonne utilisation de la dépense publique ?

On note la prédominance des sciences de la nature (SDU/SPE et SDV) qui représentent 67 % des effectifs totaux, une bonne contribution des sciences de l'ingénieur et une participation modeste des SHS. Dans les sciences de la nature, les SDV se distinguent par une participation massive, principalement de chercheurs relevant de disciplines comme la biologie des populations et l'écologie. On ne peut que souligner ce fait à une époque où ce secteur risque de se focaliser sur les aspects génomiques. Par exemple, on pourra remarquer que le département SDV du CNRS n'a pas réellement fait émerger de problématique environnementale dans sa politique de programmation scientifique. On retiendra néanmoins sa forte implication dans des programmes interdisciplinaires du CNRS (par exemple, dans le Programme *Environnement, Vie et Sociétés* et, très récemment, dans le Programme *Impact des biotechnologies dans les agro-systèmes*). De son côté, le *Comité de coordination des sciences du vivant* (CCSV) leur accorde une part mineure.

Le secteur des sciences pour l'ingénieur est focalisé, et c'est bien compréhensible, sur les questions relatives à l'énergie, aux matières premières, aux procédés propres et aux systèmes d'épuration. En revanche, tout ce qui concerne l'ingénierie des systèmes écologiques et biogéochimiques est à développer¹⁵.

Enfin, les sciences de l'homme et de la société, très sollicitées, répondent encore de façon modeste. En effet, ces disciplines, hors géographie, restent pour beaucoup d'entre elles très anthropocentées. Elles accordent leur priorité, pour l'explication des dynamiques sociales, à l'étude des processus endogènes aux sociétés humaines et ne considèrent que secondairement les relations que ces sociétés entretiennent avec leur environnement et les conséquences que ces relations peuvent avoir sur le fonctionnement de ces sociétés¹⁶. À ce sujet, on pourra, par exemple, se référer à la conclusion de la leçon inaugurale de Ph. Descola au Collège de France à propos de la nécessaire considération des rapports de l'homme avec son milieu dans les recherches anthropologiques (cf. encadré 2).

Une autre cause de la timide participation du secteur SHS réside probablement dans l'aspect très individuel des recherches dans ce secteur qui conduit à des difficultés de participation à des actions interdisciplinaires, donc nécessairement collectives. De plus, on pourra supposer que les arguments souvent avancés « d'instrumentalisation » de ces disciplines sont parfois vrais, mais ne sont pas toujours recevables. Elles le seraient si cette « instrumentalisation » se confrontait à des propositions en matière de recherche sur l'environnement. Néanmoins, il y a souvent eu la crainte, pas toujours fautive, de dominations des sciences de la nature qui ont conduit des chercheurs en sciences sociales à se réfugier dans des niches particulières (par exemple, dans les études sur la ville). Cela étant, la mobilisation des sciences humaines et sociales passe par une réflexion sur les problématiques originales qu'elles pourraient énoncer sur l'environnement. Cette évolution, intégrant l'environnement comme facteur possible influençant les dynamiques sociales, serait bénéfique à beaucoup d'entre elles, leur ouvrant des perspectives nouvelles et permettant des participations à des

¹⁵ Le Programme Environnement, vie et sociétés avait mené une réflexion à ce sujet. Celle-ci se poursuit dans le cadre de l'ACI Écologie quantitative (comité « Sciences pour l'ingénierie des systèmes écologiques »). Le rapport « Sciences et technologies du vivant au Cemagref », soulignait la nécessité de développer un tel secteur (direction scientifique du Cemagref, 1999). Enfin, l'INRA, dans un document récent, affiche le génie écologique dans ses préoccupations (INRA, document d'orientation 2001-2004).

¹⁶ On retiendra néanmoins la contribution de l'économie, puisqu'il s'est créé un champ spécifique d'économie de l'environnement, et la prise en compte dans les démarches classiques de dimensions environnementales (par exemple, par le biais des ressources naturelles). De même l'archéologie intègre dans ses préoccupations les relations « homme-nature » (cf. discussion en séance, en fin de texte).

recherches collectives d'intérêt non seulement scientifique, mais aussi social, économique et culturel.

Encadré 2 - Où s'arrête la nature ? Où commence la culture ?

Conclusion de la leçon inaugurale de Philippe Descola au Collège de France (*Le Monde*, 31 mars 2001)

« Il est temps que l'anthropologie conteste un tel héritage et qu'elle jette sur le monde un regard plus émancipé, nettoyé d'un voile dualiste que le mouvement des sciences de la nature et de la vie a rendu en partie désuet, et qui fut à l'origine de maintes distorsions pernicieuses dans l'appréhension des peuples dont les usages différaient par trop des nôtres. L'analyse des interactions entre les habitants du monde ne peut plus se cantonner aux seules institutions régissant la société des hommes, ce club de producteurs de normes, de signes et de richesses où les non-humains ne sont admis qu'à titre d'accessoires pittoresques pour décorer le grand théâtre dont les détenteurs du langage monopolisent la scène. Bien des sociétés dites primitives nous invitent à un tel dépassement, elles qui n'ont jamais songé que les frontières de l'humanité s'arrêtaient aux portes de l'espèce humaine, elles qui n'hésitent pas à inviter dans le concert de leur vie sociale les plus modestes plantes, les plus insignifiants des animaux. L'anthropologie est donc confrontée à un défi formidable : soit disparaître avec une forme épuisée d'anthropocentrisme, soit se métamorphoser en repensant son domaine et ses outils de manière à inclure dans son objet bien plus que l'anthropos, toute cette collectivité des existants liée à lui et longtemps reléguée dans une fonction d'entourage. C'est en ce sens, volontiers militant nous le concédons, que l'on peut parler d'une anthropologie de nature ».

Cependant, on peut discerner des évolutions en cours. À ce sujet, on pourra se reporter à une étude effectuée au CNRS en 1998¹⁷. Des événements récents témoignent de l'intérêt de plus en plus marqué de certaines de ces disciplines à la dimension environnementale, comme l'histoire. Par exemple, un colloque récent a porté sur « l'histoire de l'environnement »¹⁸ et la revue l'« Histoire » y fait régulièrement référence. Un numéro de cette revue a même été consacré aux aspects climatiques¹⁹. Par ailleurs, un projet de zone atelier sur le bassin de la Loire, proposé au CNRS et très interdisciplinaire, est en grande partie piloté par des chercheurs en sciences sociales, alors que le plus souvent les sciences sociales apparaissent plutôt dans des recherches pilotées par les sciences de la nature ou alors sur des thématiques n'impliquant que les sciences sociales. On remarquera cependant que les groupes concernés ont quelques difficultés à se faire reconnaître par leurs communautés respectives. Enfin, *last but not the least*, les collègues historiens des sciences s'intéressent à l'histoire des recherches sur l'environnement, comme le prouve l'édition récente d'un numéro de l'histoire du CNRS consacré à ce sujet²⁰.

2.2. Le dispositif de recherche

La partie la plus visible du dispositif est donnée par des initiatives ministérielles et les programmes de recherche sur l'environnement, soutenus par divers organismes. Sans pour autant oublier que les divers établissements de recherches ont leurs activités propres en la matière. Cet aspect, peu traité dans ce texte, demanderait une étude plus approfondie. On peut néanmoins souligner que, depuis le début des années 90, ils en revendiquent, à juste titre, une part.

¹⁷ La question de l'environnement dans les sciences sociales. *Lettre du Programme Environnement, Vie et Sociétés du CNRS*, 11, 1998.

¹⁸ « Rencontre internationale pour une histoire de l'environnement », Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 4-6 mai 2000.

¹⁹ Dossier « l'historien et le climat », *L'Histoire*, 257, 2001.

²⁰ Dossier « l'environnement », Sous l'initiative de Girolamo Ramunni et d'André Kaspi, *La Revue pour l'histoire du CNRS*, 4, 2001.

Les programmes de recherche

On trouvera en annexe la liste des programmes, des actions et des groupements de recherche publics sur l'environnement. On en dénombre 72 et l'exhaustivité n'est pas assurée²¹. Ces programmes attaquent les principales questions de l'environnement²². Néanmoins, si on trouve en filigrane les trois grandes logiques de programmation exposées en introduction, on peine quand même à distinguer une cohérence d'ensemble dans le dispositif affiché.

En conséquence, les équipes de recherche émergent à plusieurs actions ou programmes, sans faire nécessairement les liens entre eux si ce n'est, évidemment, à travers leur thème scientifique particulier, souvent disciplinaire. Elles ont donc à multiplier les réponses à des appels d'offres nombreux, sans compter ceux de l'Union européenne. Gouvernées par leurs problématiques scientifiques propres sur lesquels elles seront **évaluées**, elles ont plus tendance à trouver les créneaux où elles pourront les placer plutôt qu'à participer aux actions collectives qui justifient les appels d'offre.

Ces programmes sont à des degrés divers, interdisciplinaires et interorganismes. Beaucoup d'entre eux représentent des instances ou des adaptations nationales de programmes internationaux, notamment du *Programme International Géosphère-Biosphère* (PIGB). C'est tout particulièrement le cas de ceux qui sont gérés par l'*Institut national des sciences de l'univers* (INSU). Ils sont également de tailles variées. Par exemple, les thèmes de recherche de certains d'entre mobilisent des moyens et des effectifs largement équivalent à ceux d'autres programmes pris dans leur ensemble. Les plus interdisciplinaires sont les programmes du CNRS, notamment le Programme *Environnement, Vie et Sociétés* et le Programme *Ecodev*.

Comme nous l'avons déjà souligné, même si on peut discerner trois grandes logiques de programmation liées aux objectifs, d'autres logiques d'élaboration des programmes sont identifiables. Le degré d'interdisciplinarité est variable.

Par exemple, le PIGB et ses traductions nationales sont centrés sur l'étude des processus biogéochimiques à partir d'un découpage en grands « compartiments » de la couche superficielle de la planète (atmosphère, hydrosphère, géosphère, biosphère). Les approches sont essentiellement géophysicochimiques. Les aspects bioécologiques sont mineurs. Les dimensions technologiques, économiques et sociales sont absentes. L'échelle est plutôt planétaire. Cependant, comme on l'a déjà souligné, les études régionales et locales prennent de plus en plus d'importance.

D'autres programmes sont plutôt définis à partir d'approches disciplinaires, thématiques ou finalisées, par exemple, les programmes « *écotoxicologie* » ou

²¹ Dans la première version de ce texte, nous nous étions arrêtés à 42, à partir de données complémentaires du Ministère de la recherche, on aboutit à 72, et... l'exhaustivité n'est toujours pas assurée. Les initiatives régionales à dimensions nationales n'ont, par exemple, pas été comptées car elles émergent souvent dans des programmes nationaux : cas du PIR-Seine ou de l'IFARE qui apparaissent dans le PEVS-CNRS et comme « zone ateliers » de ce même programme.

²² Ces programmes ont pour objectifs d'apporter des réponses aux principales questions qui dérivent des trois grands ensembles définis en introduction. On soulignera que des problèmes délicats sont clairement identifiés (par exemple, les incidences environnementales des filières de production énergétiques, comme la filière électro-nucléaire). Même s'ils n'étaient pas ignorés, la publicité faite aux recherches à leur sujet est restée longtemps très discrète. L'existence de programmes spécifiques est un moyen de mieux assurer cette publicité. D'autres questions, comme celles relatives au bruit, ont fait l'objet d'actions dans les années 80. Le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement relance ces études (cf. annexe 1). Par ailleurs, les problèmes relatifs au bruit ont été largement appropriés par les acteurs scientifiques, économiques et sociaux et des efforts de recherche technologiques ont été faits et soutenus, notamment par les industriels.

« *environnement et santé* », ou encore l'ensemble des programmes « *gestion des milieux ou des espaces* » du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATE). Ces programmes ont, pour la plupart d'entre eux, vocation à servir d'appui à la décision publique.

Enfin, si les programmes du CNRS, comme « *Environnement, Vie et Société* » ou « *Ecodev* » ont une grande pratique de l'interdisciplinarité, ils ont aussi une bonne expérience de l'interorganisme. Ils sont les héritiers de *Programmes de recherche interdisciplinaire* (PIR) créés fin des années 1970. Leur organisation scientifique s'appuie principalement sur un découpage thématique.

Comme nous l'avons déjà constaté, l'environnement est un objet complexe. Est-il souhaitable d'afficher un dispositif de recherche lui aussi complexe ? Ne serait-il pas préférable de le simplifier quelque peu en lui donnant une certaine cohérence et consistance, sans pour autant brider la recherche dans un cadre trop restrictif ?

Les dispositifs de terrain

Comme dans d'autres champs scientifiques, disciplinaires ou thématiques, les résultats obtenus et l'évolution des concepts et des questions ont demandé et demandent maintenant d'acquérir des données de plus en plus nombreuses, de plus en plus précises, de plus en plus diverses et recueillies de manière cohérente. Ces données résultent d'observations, d'enquêtes et d'expérimentations. Pour satisfaire ces exigences, des dispositifs de terrain ont été réalisés et exploités. Des moyens maritimes (flotte océanographique), aériens et satellitaires ont été conçus et mis en œuvre. Dans la majorité des cas, ils restent plus ou moins spécifiques à une thématique ou à un objet de recherche donné, limitant les possibilités d'études comparatives ou la mise en relation des données d'origines diverses.

Pour être utilisés et valorisés au mieux, les ensembles de données ainsi obtenus doivent être mis en relations, organisés, documentés et accessibles. Ils servent à construire des modèles et, en retour, à les valider ou à les réfuter. Il s'agit de répondre aussi bien à des interrogations particulières qu'à des questions génériques, à des questions scientifiques provenant de la dynamique propre de la recherche qu'à des traductions scientifiques d'attentes et de demandes sociales, économiques et politiques.

Simultanément à la structuration du domaine de recherche, il apparaît de plus en plus important de développer des dispositifs de terrain permettant d'étudier les couplages entre dynamiques sociales et dynamiques écologiques, d'utiliser, de concevoir et de réaliser de nouveaux moyens technologiques et méthodologiques d'investigation.

Concilier et respecter ces diverses contraintes a conduit à proposer de concentrer les recherches sur des aires géographiques bien précises en les équipant de manière significative, principalement pour étudier la biosphère continentale²³.

C'est ainsi que sont développés des **sites ateliers** ou des **observatoires de recherche sur l'environnement**. Conçus pour l'essentiel à l'initiative de chercheurs en sciences de la

²³ Par biosphère continentale, on entend tous les systèmes écologiques terrestres, d'eaux douces ou marins des littoraux. La rupture fonctionnelle se fait plus à la limite du plateau continental qu'à la frontière « eau salée – eau douce ». Pour la « petite histoire », rappelons que la limite entre eaux douces et salées, qui partage les domaines « continentaux et maritimes » est fondée, depuis l'ordonnance de 1681, sur le « plus grand flot de mars » (*Ordonnance de Louis XIV Roy de France et de Navarre. Donnée à Fontainebleau au mois d'Aouft 1681 . Touchant la Marine*. Paris : D. Thierry et Ch. Ballard, 1681). Il s'agit d'une définition plus administrative que scientifique, toujours en vigueur.

nature, dans le passé ces sites ont généralement été choisis en s'isolant dans la mesure du possible des phénomènes sociaux. L'enjeu est aujourd'hui de les insérer dans des **zones ateliers** correspondant mieux à des niveaux d'organisation impliquant complètement les sciences de l'homme et de la société et permettant des observations et des expérimentations sur le long terme. Elles correspondent à une échelle régionale. Organisées en **réseau**, ces zones disposeront de moyens d'observations, d'expérimentations, d'analyses, d'organisation et de diffusion des données, de modélisation et de diffusion de l'information. Elles s'appuient sur plus de vingt ans d'expérience et sur une étude précise de réalisations dans d'autres pays²⁴. Elles seront aussi des centres de compétences et d'innovation technologique. S'appuyant sur plus de vingt ans d'expérience et sur une étude précise de réalisations dans d'autres pays, elles s'intègrent dans un contexte international. Globalement, elles devraient représenter, pour les recherches sur l'environnement, l'analogie des **très grands équipements** pour la recherche physique²⁵. Le terme régional, dans ce contexte, correspond à des ensembles géographiques montrant une certaine unité des systèmes naturels et des systèmes économiques et sociaux. C'est le cas, par exemple, de beaucoup des bassins versants des grands fleuves ou de systèmes insulaires. Cette échelle est aussi privilégiée pour mieux intéresser les régions, au sens administratif et politique, à l'effort de recherche sur l'environnement et pour mieux les impliquer dans cet effort.

Cette réflexion et les projets qui l'accompagnent doivent être conçus dans un esprit d'extension au niveau européen. Il ne faut pas oublier non plus que la France n'est pas limitée au périmètre métropolitain et que les DOM/TOM offrent des situations de première importance pour les recherches sur l'environnement ; il y a donc lieu d'intégrer ces territoires dans les projets de dispositifs de terrain (cf. encadré 3).

En tout état de cause, on observe encore une propension à la dissémination des efforts, alors qu'un des moyens pour assurer une cohérence du dispositif éclaté de la programmation est de le faire au niveau du terrain, de l'expérimentation et d'élaboration d'un système de recherche et d'observation bien structuré : en bref, de proposer l'équivalent d'un TGE pour la recherche sur l'environnement tel qu'il est esquissé plus haut.

Encadré 3. Les dispositifs de recherche sur l'environnement hors métropole

Un dispositif significatif de recherches est soutenu dans les « Terres australes et antarctiques françaises » par l'Institut français de recherche sur les terres polaires (IFRTP). Le Programme Environnement, Vie et Sociétés du CNRS vient de créer une zone atelier de recherche sur l'environnement dans la région et soutient également ces recherches (cf. *Pour La Science*, juillet 2001). Des programmes de recherches sur l'environnement ont également été développés en Guyane, mais on peine à les coordonner, par exemple dans une zone atelier spécifique. Il serait également intéressant de mieux valoriser les situations insulaires. Plus généralement, sauf pour les terres australes, on n'utilise pas suffisamment les richesses géographiques, géophysiques, écologiques et humaines des territoires d'outre-mer pour les recherches sur l'environnement alors que, de ce point de vue, notre pays a une situation très originale et très favorable comparée à d'autres pays développés. Pour l'ensemble des DOM/TOM, serait-il pas souhaitable de s'inspirer du dispositif mis en place pour les terres australes, à savoir la mise en place d'une agence spécifique ?

²⁴ Ces initiatives doivent résulter d'une réflexion collective. Elles doivent être soumises à la critique scientifique nationale et internationale, notamment par voie de publication ou lors de réunions internationales. Par exemple, cela a été le cas du projet de réseau de zones ateliers du CNRS (cf. *Natures, Sciences, Sociétés*, 2000, 4, 44-55).

²⁵ « French environmental labs may get "big science" funds ». *Nature*, 2000, 403, p. 822. Dans l'analyse du CSRT sur les TGE, publiée dans le rapport 2000, il était déjà fait allusion à la nécessité de promouvoir la notion de TGE pour de nouveaux secteurs disciplinaires ou thématiques. Dans le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), une suggestion analogue est faite.

Les moyens d'observation, d'expérimentation et l'instrumentation

Les recherches sur l'environnement, et plus généralement de suivi de l'état et des dynamiques environnementaux, nécessitent des développements spécifiques de méthodes et de techniques. L'instrumentation y joue un rôle particulier, mais il ne faut pas non plus ignorer les méthodes d'échantillonnages spatio-temporelles, notamment celles qui relèvent des statistiques, ni non plus la mise en place de systèmes expérimentaux lorsque c'est possible²⁶. On sait que ces innovations sont sources de progrès scientifiques.

Si on fait un rapide bilan aujourd'hui, ces développements sont différents suivant les secteurs, ils ont été globalement plus importants dans les sciences physiques et chimiques de l'environnement qu'en écologie ou en sciences sociales. Néanmoins, pour ces deux derniers secteurs, on a noté des progrès manifestes. Ainsi, l'écologie s'est dotée de nouveaux moyens d'investigation révolutionnant une pratique naturaliste classique²⁷. Dans les sciences sociales, les méthodes de sondage et d'enquêtes ont connu de grands progrès et le développement des SIG a beaucoup contribué à l'extension, bien au-delà de la géographie, des approches spatialisées.

Tous secteurs confondus et depuis une vingtaine d'années, **l'observation spatiale** a beaucoup contribué aux recherches sur l'environnement. Elle permet d'appréhender des phénomènes à une échelle que ne permettent pas les investigations sur le terrain. Elle a aussi des limites, mais, au moins en partie, ces limites sont dues à la difficulté que peuvent avoir beaucoup d'utilisateurs dans l'énoncé de leurs besoins et de là dans la discussion avec les technologues qui développent instruments, plates-formes d'observation et satellites. On signalera au passage une importante initiative européenne de surveillance de l'environnement : *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Pour ce qui est des moyens satellitaires, grâce à la politique spatiale, la France et plus généralement l'Europe ont une position de premier plan au niveau international. On notera cependant que le coût de l'information spatiale peut limiter son accès pour de nombreux laboratoires, même si des efforts ont été faits pour subventionner cet accès (par exemple, par le Programme National de Télédétection Spatiale, PNTS).

Les **moyens aériens** sont importants pour les recherches sur l'atmosphère, mais ce sont aussi des moyens d'observations rapprochées et versatiles, très précieux. Ils complètent les observations satellitaires et celles faites sur le terrain. On remarquera au passage que ces moyens aériens ont été négligés dans le passé. Il est urgent de repenser la question. Ce problème est évoqué dans le rapport sur les TGE du CSRT (Rapport 2000).

Les **moyens de surface** sont divers. Ils peuvent être fixes (par exemple des stations météorologiques ou des stations de mesure de variables hydrologiques), ou mobiles (par exemple, des bateaux ou de véhicules équipés de moyens d'analyse).

Simultanément, il est nécessaire de promouvoir le développement d'une **instrumentation** spécifique. Par exemple, on pourrait imaginer la conception d'ensembles miniatures d'analyse chimiques, biochimiques et biologiques de terrain qui pourraient

²⁶ L'expérimentation est souvent limitée à une petite échelle et ne dépasse que rarement la parcelle. Néanmoins, on peut profiter d'évènements qui perturbent l'environnement. Ils sont soit d'origine naturelle (évènement climatique par exemple), soit d'origine anthropique (pollution accidentelle ou chronique, déboisement, aménagements, par exemple). Le suivi des conséquences de ces perturbations apporte souvent de précieuses informations (c'est en déplaçant un système de son mode de fonctionnement permanent qu'on acquiert de la connaissance sur son fonctionnement).

²⁷ Cf. par exemple : La révolution technologique en écologie (sous la direction de J.M. Legay et R. Barbault, préface de P. Tambourin). Masson, Paris, 1995.

s'inspirer des progrès réalisés dans ce domaine par la recherche spatiale. Mais pas uniquement. En effet, on a vu dans les sciences de l'analyse des révolutions récentes qui pourraient être avantageusement adaptées et utilisées à large échelles (exemple des « puces à ADN ou des techniques récentes d'analyse chimique). Tout un secteur est à développer : les technologies de la recherche sur l'environnement, mais aussi pour l'observation de l'environnement.

Ces moyens et développements sont évidemment complémentaires de la mise en place de dispositifs de terrains. Ils sont aussi nécessaires.

La modélisation

Pour mieux détecter l'essentiel, pour mieux comprendre, pour mieux prévoir, pour mieux asseoir des développements technologiques et pour mieux argumenter les décisions, la modélisation est devenue précieuse, efficace et de plus en plus incontournable. Tous les secteurs de la recherche sur l'environnement sont concernés (modèles climatiques, modèles écologiques, modèles économiques, etc.). Ils sont des éléments complémentaires des moyens d'expérimentation (« *Models need data. Data need models* »). Ils sont très utiles dans le dialogue interdisciplinaire (le modèle comme trait d'union entre les disciplines) et l'on s'oriente de plus en plus vers le couplage et l'intégration de modèles de phénomènes de natures différentes²⁸. Par exemple, on pourra souligner les efforts récents de modélisation couplant dynamiques sociales et dynamiques des milieux²⁹.

Les besoins actuels sont très importants, tant en ce qui concerne les compétences à développer (peu de formations doctorales sont spécifiquement consacrées à la modélisation) que pour les moyens (par exemple, des moyens de calcul très puissants pour les modèles climatiques).

2.3. Conclusion

Le dispositif français de recherche sur l'environnement est numériquement important. Mais il est éclaté et dispersé, quel que soit l'angle sous lequel on l'observe. La plupart des organismes de recherche sont concernés. Les programmes censés organiser cette recherche sont divers et nombreux, voire en partie redondants. On peine à trouver une cohérence dans l'ensemble. Enfin, les moyens de terrains existants ou en projet sont aussi nombreux et dispersés et les tentatives pour les organiser se heurtent aux forces « centrifuges », à la défense d'intérêts particuliers, trop souvent caractéristiques de la communauté de la recherche sur l'environnement. Elles se confrontent aussi à la puissante force d'attraction disciplinaire, fondement de nos pratiques et noyau de nos institutions, voire lieu de confort intellectuel.

²⁸ Cf, par exemple : Schmidt-Lainé C. et Pavé A. - Environnement : modélisation et modèles pour comprendre, agir et décider dans un contexte interdisciplinaire (À paraître dans *Natures-Sciences-Sociétés*) et Schmidt-Lainé C. et Pavé A.-La modélisation comme trait d'union. Page scientifique, *Le Figaro*, 11 janvier 1999.

²⁹ À cette fin, des techniques spécifiques de modélisation ont été développées, par exemple les « systèmes multi-agents », où la contribution française est très originale. Par ailleurs, on peut signaler que l'excellence de l'école française de mathématiques appliquées et son intérêt de plus en plus manifeste pour les problèmes d'environnement, notamment sous l'impulsion de Jacques-Louis Lions, est un précieux atout qui reste encore très largement à valoriser (cf., par exemple, sa contribution dans l'ouvrage : *Nouvelles tendances en modélisation pour l'environnement* », Elsevier, 1997). Dans le même ordre d'idée, le Programme Modélisation et simulation numérique du CNRS, sous l'égide de Claudine Schmidt-Lainé, avait affiché des ambitions prometteuses dans le domaine.

Malgré ces difficultés, la communauté de recherche sur l'environnement en France, est d'un très bon niveau international et les difficultés rencontrées ne sont pas propres à notre pays.

3- La nécessité et les voies d'une organisation cohérente du système de recherche sur l'environnement

Il est bien compréhensible que, pendant une première phase d'exploration du champ de recherche sur l'environnement, les initiatives aient été très diverses. D'ailleurs, à la fin des années 80, on ne disposait pas, à proprement parler, de définition de l'objet de recherche lui-même. Mais celle-ci a été progressivement énoncée au début des années 90. À ce jour, les tentatives de large fédération des recherches sur l'environnement n'ont jamais été couronnées de succès³⁰. Or, sauf continuer à accumuler des résultats parcellisés, certes ponctuellement intéressants, il est souhaitable de mieux structurer l'ensemble pour engendrer progressivement une vue globale et synthétique de l'environnement. En effet, tant pour la démarche scientifique elle-même que pour la mise en œuvre opérationnelle de ses résultats, on parle de plus en plus **d'approche et de gestion intégrées**³¹.

Par ailleurs, les préoccupations économiques et sociales liées aux **risques environnementaux** et à l'interprétation du **principe de précaution** nécessitent une meilleure connaissance des mécanismes et des facteurs d'évolution brutale ou progressive de notre environnement qui peuvent avoir des incidences sur la santé humaine ou sur les biens particuliers ou communs (ces « biens » peuvent être des composantes de l'environnement lui-même, comme les écosystèmes). Enfin, les relations entre les problématiques environnementales et celles sur le développement³², qui sont au centre de la notion de **développement durable**³³, rendent de plus en plus nécessaire une meilleure structuration du champ de recherche et du dispositif à mettre en face. Inversement, cette structuration, ne doit pas oblitérer des initiatives nouvelles provenant des équipes et les possibilités de répondre à des sollicitations nouvelles d'origine économique, sociale ou politique. Cette structuration aurait aussi l'avantage de réaliser des économies de moyens (72 programmes, auquel correspond un nombre pas très éloigné d'unités de gestion, 72 comités scientifiques, etc.), moyens qui pourraient avantageusement être utilisés à d'autres fins scientifiques.

³⁰ Ainsi, en 1993, sous l'initiative du CNRS et de son directeur général de l'époque, François Kourilsky, un tel projet a été esquissé par le Programme Environnement, sous la direction d'Alain Ruellan : le PRISTE (Programme de recherche interdisciplinaire « Sciences et Technologies pour l'Environnement »). Mais les discussions avec les autres organismes, et en interne avec d'autres composantes de la recherche sur l'environnement, notamment l'INSU, n'ont pas abouti. On notera au passage que cet échec n'a pas été motivé par des considérations scientifiques. À ce sujet, on pourra consulter les documents de l'époque référencés dans le numéro spécial de la Revue pour l'Histoire du CNRS, déjà cité.

³¹ « *Integrated Environmental Research and Management* », pour reprendre l'expression proposée à l'issue de la réunion NSF-CNRS de janvier 2001. Cf. Workshop Report on French (Zones Ateliers) and United States (Long Term Ecological Research) Network-To-Network Collaboration in Long Term Integrated Environmental Research And Management (à paraître). D'une certaine façon, c'est cette nécessité d'étude et de gestion intégrée qui conduit à passer de *l'environnement* considéré comme *domaine* de recherche à l'environnement vu comme *objet* de recherche.

³² Cf. Par exemple, *Natures-Sciences-Sociétés*, 5,1, 1997, 50-63.

³³ Cf. Par exemple : Kates, R.W. *et al.*, Sustainability Science. *Science*, 292, 2001, 641-642. On notera également la création récente, sous l'impulsion de Laurence Tubiana, du **Centre international pour le développement durable**, qui peut constituer le cadre du dialogue entre recherches sur l'environnement, recherches pour le développement et les acteurs politiques et économiques, notamment dans le concert international.

3.1. Différents modes et niveaux de structuration

L'activité scientifique se structure elle-même progressivement. Elle est aussi structurée par des demandes et attentes économiques et sociales. Sans avoir la prétention d'être exhaustif, on peut dégager les lignes suivantes :

- d'abord, on constate une structuration « naturelle » de la communauté scientifique. On sait que cette structuration se fait principalement par secteurs disciplinaires. Néanmoins, on ne peut nier que des évolutions se dessinent. Par exemple, on trouve, dans le comité national, des sections à larges profils regroupant une grande partie du potentiel du CNRS en matière de recherche sur l'environnement (section 12 : « planète Terre : enveloppes superficielles », section 13 : « physique et chimie de la Terre », section 30 : « diversité biologique, populations, écosystèmes et évolution », section 31 : « hommes et milieux : évolution interactions », section 39 : « espaces territoires et sociétés »). Les communautés des systèmes marins et atmosphériques sont les plus structurées (l'utilisation de moyens communs y est pour beaucoup). Pour les systèmes continentaux, la structuration est plus forte pour les hydrosystèmes (surtout l'hydrologie) que pour les systèmes terrestres ; on note néanmoins un effort actuel important (ACI « écologie quantitative »). Pour ce qui est des aspects technologiques, beaucoup reste à faire, malgré l'existence d'une agence : l'ADEME ;
- comme on l'a déjà noté, en France la structuration par programmes répond à trois grandes catégories d'objectifs : (1) des objectifs scientifiques, qui n'excluent pas des recherches finalisées, (2) des objectifs d'aide à la décision, notamment d'aide à la décision publique, et (3) des objectifs de développements technologiques. Au niveau international, la structuration en grands programmes est principalement pilotée par les communautés scientifiques, on en trouve d'ailleurs la marque, par exemple, la structure en « compartiments » de PIGB (cf. ci-dessus et annexe 2). Les recherches au niveau des programmes sont essentiellement interdisciplinaires ;
- l'organisation des recherches au niveau des organismes publics traduit les missions de ces organismes (les organismes « finalisés » sont plus incités à réaliser des recherches interdisciplinaires, par la nature des questions qui leur sont posées, que les organismes « académiques » comme le CNRS, même si c'est lui qui a le premier affiché des programmes interdisciplinaires). Comme nous l'avons déjà signalé, cette analyse n'a pas été conduite dans ce texte. Elle reste donc à faire. Il serait aussi important d'examiner la composante universitaire, même si une partie importante de celle-ci joue de concert avec les organismes de recherche, notamment le CNRS ;
- la structuration au niveau européen n'a pas été importante lors des précédents PCRD. On peut espérer qu'elle le soit dans le cadre du 6^{ème} PCRD, notamment grâce à la proposition du rapport Busquin de création de réseaux d'excellence. C'est une opportunité à saisir pour la communauté de la recherche européenne sur l'environnement, tant pour ce qui est des logiques scientifiques (pilotées principalement par les grandes questions scientifiques), que des logiques d'aide à la décision (prise en compte des directives européennes comme la directive eau, rapprochement souhaité recherche-décision), ou des logiques technologiques (technologies « propres », ingénierie de l'environnement, ingénierie des territoires) ;
- la structuration par les moyens communs, l'expérience nous montre que c'est une façon efficace de structurer l'effort de recherche. La création d'un réseau de zones ateliers, dont il est déjà envisagé une extension européenne, intégré à un réseau international (ILTER), va dans ce sens ;

- enfin, le niveau régional lui aussi est important ; la demande de recherche est manifeste et les moyens mis pour cette recherche sont non négligeables. Cette échelle correspond aussi à des niveaux d'organisation naturels, sociaux et économiques pertinents. Il existe déjà des recherches structurées en régions, dont beaucoup sont coordonnées au niveau national (par exemple, soutenu par le Programme Environnement, vie et sociétés du CNRS : le PIR-Seine, la zone atelier du fossé rhénan Alsace, la zone atelier bassin du Rhône, le GIS Ecobag, sur le bassin Adour-Garonne, etc.). Les « zones ateliers » sont de dimension régionale. Leur réseau national et européen pourrait constituer l'analogie d'un TGE pour les recherches sur l'environnement.

Ces différents modes d'organisation ne sont pas contradictoires. Par exemple, on voit bien que les trois logiques de programmation peuvent se retrouver aux différentes « échelles », avec des poids différents.

Cependant, on pourrait imaginer :

- d'une part au niveau national, trois grands ensembles de programmes répondant à ces logiques intéressant trois grandes catégories d'acteurs institutionnels : la logique scientifique (recherche et éducation nationale), la logique d'appui à la décision publique (aménagement du territoire et environnement, agriculture et pêche, santé et recherche), la logique de développement technologique (recherche, industrie, transports, agriculture et pêche). Ces ensembles ne devraient pas constituer des compartiments étanches. Des moyens d'échanges doivent être prévus (structure de concertation, mise en commun des données et résultats) ;
- d'autre part une structuration au niveau européen, s'appuyant notamment sur des réseaux « Busquin » et sur les propositions dans le cadre du 6^{ème} PCRD (notons cependant que, dans le projet de budget de ce PCRD, les recherches sur l'environnement ne sont guère favorisées, en nette diminution par rapport au 5^{ème} PCRD) ;
- enfin, des recherches en régions, structurées en réseau de « zones ateliers » au niveau national, européen et international et en relation avec les acteurs régionaux.

L'important est que ces efforts de structuration ne conduisent pas à des entités complètement autonomes, notamment dans l'hypothèse de trois grands ensembles au niveau national. Il n'y a pas contradiction entre ces différentes approches, elles sont même complémentaires : une même situation peut être examinée sous ces différents points de vue.

3.2. Une réflexion collective pour « une aide à la décision » en matière de structuration des recherches sur l'environnement

La proposition ci-dessus pourrait constituer l'amorce d'une réflexion collective qui pourrait faire émerger un cadre cohérent de recherches sur l'environnement, dans lequel seraient placés les programmes et actions actuelles. Il s'agit de structurer, puis d'organiser et non d'effacer ou de « remettre à zéro »³⁴. Mais on sait que réflexion n'est pas synonyme de

³⁴ On remarquera à ce sujet que les trois ensembles de questions énoncés viennent de l'analyse concrète des nombreux sujets de recherche définis au niveau national et international. Le regroupement et l'analyse de ces questions en suggèrent de nouvelles, non identifiées avant cette tentative de structuration (Cf. *Natures, Sciences, Sociétés*, 1, 1993 ou la *Lettre du Programme Environnement* du CNRS, n°6, 1992). Plus généralement, pour ce qui est de la réflexion collective, outre les références déjà citées, on pourra s'appuyer :

décision... Il serait important que l'effort de réflexion, qui devrait conduire à des propositions, soit suivi de réalisations concrètes et que ceux qui la mèneront aient quelques assurances sur ce point.

Il s'agirait d'abord de compléter le tableau dressé dans ce texte, et de critiquer l'analyse faite. On en connaît les limites. Ensuite, des axes prioritaires pourraient être dégagés pour recomposer le paysage des programmes, tout en tenant compte évidemment de ce qui existe et du potentiel de recherche mobilisable, tant sur le plan humain et matériels que financier et cela dans une perspective pluriannuelle sur une dizaine d'années. En effet, ce dont les recherches sur l'environnement ont le plus besoin, c'est du « long terme ». Il est souhaitable de leur assurer.

Dans cette réflexion, il sera nécessaire d'intégrer les procédures **d'évaluation** de la recherche, question souvent posée et soigneusement analysée³⁵, mais qui peine à trouver une solution concrète. Ces procédures doivent utiliser comme critère principal celui de la qualité du travail scientifique. Le problème est la mesure de cette qualité. Elle se fonde aujourd'hui principalement sur les publications dans des revues essentiellement disciplinaires et sur les index de citations de ces revues. De ce fait, la stratégie des chercheurs et des équipes est simple : même s'ils participent et contribuent à des travaux interdisciplinaires, on ne verra dans la littérature que la part disciplinaire de cette contribution si bien que l'expérience interdisciplinaire est peu formalisée et peu transmise. On pourra néanmoins s'accorder sur le fait que la publication doit continuer à jouer un rôle majeur dans les procédures d'évaluation. Le problème est d'imaginer un critère, non strictement lié aux indices de citation dont on connaît les biais, pour inciter à la diversification de ces publications afin qu'elles rendent mieux compte du travail effectif, notamment du travail interdisciplinaire. Par ailleurs, la valorisation de la recherche par d'autres moyens (brevets, ouvrages de synthèse, guides techniques, instrumentation, logiciels, etc.), même si elle fait l'objet de déclarations de principe de la part des instances d'évaluation, est souvent mal prise en compte et n'incite donc pas les chercheurs et les équipes à faire un effort dans ce sens, sauf dans le cadre de certains instituts finalisés (CEA). Mais on peut alors observer que la publication ne joue pas un rôle assez important : il y a lieu d'équilibrer les choses. Enfin, lors d'une évaluation globale des instituts spécialisés, il serait bien de vérifier que les recherches sont, pour la grande majorité d'entre elles, en adéquation avec les missions de ces établissements.

Remerciements : Ce texte a été écrit suite à une suggestion de Claudine Laurent, Vice-Présidente du CSRT. Elle en a suivi de près sa réalisation. La version finale a beaucoup bénéficié des discussions en séances (et hors séance) avec les membres du CSRT. Paul Caseau a fait une analyse critique et des propositions qui ont largement contribué à l'amélioration de ce texte. Claudine Schmidt-Lainé nous a fort judicieusement informé des travaux récents dans le domaine de la *National Academy of Sciences* et nous a fait plusieurs suggestions, reprises dans ce texte. Cette version a également beaucoup profité des remarques de Laurence Eymard, de Marcel Jollivet, de Christian Lévêque, de Benoît Lessaffre et de Gérard Mégie.

-
- d'une part, sur le « Rapport sur la Science et la Technologie » de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies intitulé « Ingénierie des territoires », en cours d'élaboration, sous la coordination de Paul Caseau et de Jean Dercourt, qui devrait être publié début 2002,
 - d'autre part, sur les travaux du Comité de coordination des sciences de la planète et de l'environnement (CCSPE) et sur ceux du futur Comité consultatif sur le changement climatique et le développement durable ;
 - enfin, sur le numéro thématique de *Natures, Sciences, Sociétés* : « les sciences pour l'ingénierie de l'environnement », réalisé sous la responsabilité de Claudine Schmidt-Lainé (sous presse).

³⁵ Sur le problème de l'évaluation, on pourra se référer aux travaux du groupe réuni à ce sujet au CNRS et présidé par J.P. Bourguignon.

Annexe 1

Les programmes et actions de recherche sur l'environnement en France

Ces données proviennent essentiellement des sites Web des diverses institutions concernées et d'informations obtenues directement auprès de services des ministères et des organismes de recherche. On ne peut assurer avoir constitué une liste exhaustive, notamment des actions spécifiques d'organismes autres que le CNRS. Dans une première approche, seule une liste est fournie. À ce stade, l'objectif n'est pas de faire une analyse fine du système, mais d'en donner un aperçu global. On notera cependant que, pour certains programmes, les thèmes de recherches cités sont de taille équivalente à celle d'autres programmes. C'est le cas, par exemple, des Programmes *Ecocodev* et *Environnement, Vie et Sociétés* du CNRS qui pourraient être qualifiés de « grands programmes » (budget incitatif supérieur à 10 MF, soit environ 1,5 MEuros, plusieurs centaines de chercheurs concernés).

Les programmes de l'INSU³⁶

La logique principale est celle d'une recherche de base, sans pour autant en oublier les finalités. Pour la plupart, ces programmes sont interorganismes. Ils sont centrés sur l'étude des aspects physiques de l'environnement. Beaucoup d'entre eux sont des instances de programmes internationaux, notamment du PIGB et sont donc construits sur les mêmes principes.

- 1- *Programme national d'étude de la dynamique du climat* (PNEDC)
- 2- *Programme national de chimie de l'atmosphère* (PNCA)
- 3- *Joint Global Ocean Fluxes Study - France* (JGOF-France, PIGB)
- 4- *Programme national atmosphère et océan à multi-échelle* (PATOM)
- 5- *Programme national environnement côtier* (PNEC)
- 6- *Programme national sol et érosion* (PNSE)
- 7- *Programme national sur les risques naturels* (PNRN)
- 8- *Programme de recherche sur l'environnement géosphérique intertropical* (PEGI)
- 9- *Programme national de télédétection spatiale* (PNTS)
- 10- *Programme national de recherche en hydrologie* (PNRH)

Les programmes du CNRS³⁷

1. *Programme interdisciplinaire de recherche Environnement, Vie et Sociétés* (PEVS)³⁸

Thèmes de recherche :

- 1.1. Zones ateliers : espaces d'observation sur le long terme, méthodes et instrumentation
- 1.2. Histoire des interactions sociétés/nature

³⁶ <http://www.insu.cnrs-dir.fr/Documentation/programme1.html>

³⁷ <http://www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/programme.html>

³⁸ <http://www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/evs.html>

- 1.3. Dynamique des contaminants dans les eaux et les sols
- 1.4. Biodiversité et anthroposystèmes
- 1.5. Modes de gouvernance

2. *Environnement et climat du passé : histoire et évolution (ECLIPSE)*³⁹

Thèmes de recherche :

- 2.1. L'étude de l'impact climatique des forçages externes et internes
- 2.2. L'étude des différents stocks de carbone et les échanges entre les réservoirs (océan, continent, glace), leurs variations au cours des temps géologiques et leurs effets sur le climat
- 2.3. L'étude des implications écologiques des changements paléogéographiques
- 2.4. L'étude des conséquences des changements de l'environnement sur les sociétés humaines

3. *Programme sur l'aval du cycle électronucléaire (PACE)*⁴⁰

4. *Programme de Recherche Interdisciplinaire sur les Technologies pour l'Écodéveloppement (Ecodev)*⁴¹

Thèmes de recherche :

- 4.1. Systèmes énergétiques et développement durable
- 4.2. Technologies industrielles
- 4.3. Cadre de vie

Deux nouveaux programmes sont apparus en 2001 :

5. *Géomicrobiologie des environnements extrêmes (GÉOMEX)*

6. *Impact des biotechnologies dans les agro-systèmes*

Les actions et réseaux du ministère de la Recherche

La direction de la recherche, sous l'égide du CCSPE des actions incitatives a lancé les actions coordonnées incitatives suivantes⁴² :

1- *ACI - Écologie quantitative*

Programme et thèmes de recherche :

- 1.1. Programme national sur la dynamique de la biosphère continentale
- 1.2. Modélisation des systèmes écologiques complexes
- 1.3. Sciences pour l'ingénierie des systèmes écologiques

³⁹ <http://www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/Eclipse/Accueil/accueil.html>

⁴⁰ <http://www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/pace.html>. On notera au passage que l'existence de ce programme est une preuve, même si elle est un peu « tardive », de la prise en compte des problèmes environnementaux liés au développement de la filière nucléaire. Par ailleurs, l'ANDRA (Agence nationale sur les déchets nucléaires) coordonne et soutient les efforts de recherche scientifique et technologique dans le domaine.

⁴¹ <http://www.cnrs-bellevue.fr/%7Eecodev/>

⁴² <http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/default.htm>

- 2- *ACI - Eau et environnement*
- 3- *ACI - Prévention des catastrophes naturelles*
- 4- *Action Climat (mise en gestion à l'INSU)*

Par ailleurs, avec le **ministère Chargé de la ville**, une ACI a été créée. Elle prolonge le Programme interdisciplinaire de recherche sur la Ville du CNRS.

- 5- *ACI-Ville (pro parte)*

Thèmes de recherche

- 5.1. Ville, technologie de l'information et de la communication et nouveaux services,
- 5.2. Espaces et temporalités de la vie urbaine et technologie de l'information et de la communication
- 5.3. Renouvellement urbain : perspectives économique, juridique, technique.

La direction de la technologie a créé des réseaux de recherche et d'innovation technologiques en matière d'environnement⁴³ :

- 6- *RRIT – Eau et technologies de l'environnement*
- 7- *RRIT – Terre et espace*
- 8- *RRIT – Pollutions marines accidentelles et conséquences écologiques (RITMER)*

Par ailleurs, deux autres réseaux affichent des préoccupations environnementales :

- 9- *RRIT – Génie civil (pro parte)*
- 10- *RRIT – Matériaux (pro parte)*

Les actions et programmes du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement⁴⁴

L'organisation des recherches est fondée sur l'acquisition de références nécessaires à la conduite des politiques publiques.

Axe 1. Prévenir la pollution atmosphérique

- 1.1. *Programme sur les effets locaux de la qualité de l'air (PRIMEQUAL II)*
- 1.2. *Bruit et nuisances sonores*
- 1.3. *Programme gestion des impacts du changement climatique (GICC)*

Axe 2. Gérer les ressources en eau et en sols

- 2.1. *Programme gestion du patrimoine sol (GESSOL)*
- 2.2. *Programme gestion du littoral (LIT'eau)*

⁴³ <http://www.recherche.gouv.fr/technologie/reseaux/default.htm>

⁴⁴ <http://www.environnement.gouv.fr/actua/recherche-prospective/syntheses/2000-2001-2002-detail.htm#hautpage>

Axe 3. Préserver et gérer la biodiversité et le patrimoine naturel

- 3.1. *Programme ressources génétiques* (dans le cadre du BRG)
- 3.2. *Programme écosystèmes tropicaux*
- 3.3. *Programme invasions biologiques*
- 3.4. *Programme action publique, agriculture et biodiversité*
- 3.5. *Programme biodiversité et gestion forestière*
- 3.6. *Programme gestion des espaces protégés*
- 3.7. *Programme national de recherche sur les zones humides* (PNRZH)
- 3.8. *Programme recréer la nature*

Axe 4. Maîtriser les risques et protéger la santé humaine

- 4.1. *Programme évaluation et prise en compte du risque* (EPR)
- 4.2. *Programme risques inondation*
- 4.3. *Programme risques, décision et territoires*
- 4.4. *Programme transformation et impact des pesticides*
- 4.5. *Programme national d'écotoxicologie* (PNETOX)
- 4.6. *Programme environnement-santé*

Axe 5. Mobiliser les sciences économiques et sociales

- 5.1. *Programme économie de l'environnement* (PIREE)
- 5.2. *Programme politiques publiques et paysages*
- 5.3. *Programme concertation et décision en environnement* (CDE)
- 5.4. *Programme politiques publiques locales du développement durable*

Autres actions

1. ASS *Aquae* (eau et agriculture) entre l'INRA et le Cemagref
2. ASS Risques du Cemagref

Groupements interorganismes

1. GIP « *Écosystèmes forestiers* » (Ecofor), auquel est rattaché le GIS « *Silvolab* » de Guyane.
2. GIP « *Média France* » (programmes d'observation : changement climatique, désertification)
3. GIP « *groupement pour l'évaluation des mesures et des composants en eau et assainissement* » (GEMCEA)
4. GIP « *centre national de recherche sur les sites et sols pollués* » (CNRSSP)
5. GIS « *Institut Français de la Biodiversité* » (IFB)
6. GIP « *Institut Français de recherche sur les terres polaires* » (IFRTP)
7. En projet : GIP « *Mercator Océan* » (couplage océan-atmosphère et implications climatiques)

Agences

1. L'ADEME
Programmes technologiques pour l'environnement :

- 1.1. *Maîtrise des usages de l'énergie*
- 1.2. *Le développement de l'offre technologique dans les énergies renouvelables*
- 1.3. *La promotion des technologies sobres et propres*
- 1.4. *La gestion des déchets*
- 1.5. *La prévention et la recherche sur les gaz à effet de serre, des pollutions de l'air, des sols et des sites industriels*
- 1.6. *La lutte contre les nuisances sonores*
- 1.7. *Les impacts sur la santé*

2. L'agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE)

Programmes en cours de définition

Autres initiatives publiques

On pourrait ajouter les institutions propres et les initiatives d'autres ministères :

1. Ministère de l'Équipement, du logement et des transports (MELT) :

Programmes de recherche pilotés par les instituts dépendants de ce ministère

Le Centre technique du bâtiment

- 1.1. *Qualité environnementale (impact environnemental des matériaux de construction, qualité de l'air urbain, etc.)*
- 1.2. *Bâtiment et santé (émissions polluantes et qualité de l'air intérieur, de l'eau dans les réseaux)*

Météo-France

- 1.3. *Climat et environnement*
- 1.4. *Domaines émergents*

2. Ministère de l'Agriculture et de la pêche

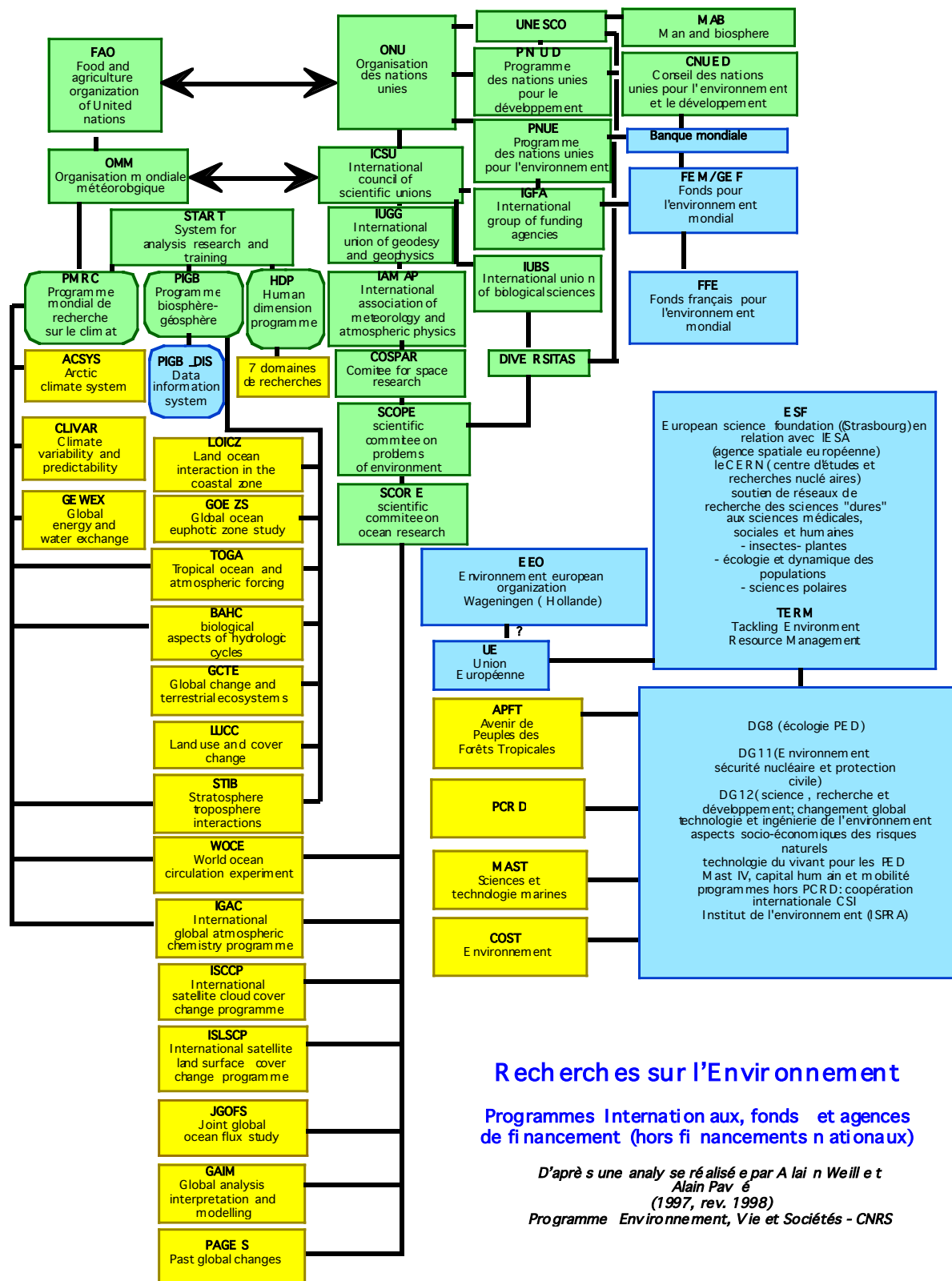
- 2.1. *Agriculture et environnement*
- 2.2. *Appels d'offres dans le cadre de l'Association de coordination des techniques agricoles (ACTA)*

3. Secrétariat d'État à l'Industrie

- 3.1. *Programmes pilotés par l'Institut français du pétrole (IFP) et le Comité d'études pétrolières et marines (CEP&M)*
- 3.2. *Technologies industrielles (une part est dédiée aux technologies pour l'environnement, participation aux RRIT du MR).*

Annexe 2

Organigramme des programmes internationaux de recherche sur l'environnement



Pour la plupart, les programmes internationaux ne financent pas directement des recherches. Ils structurent le champ scientifique. Beaucoup utilisent leurs comités scientifiques pour l'évaluation des projets nationaux et délivrent ainsi des « labels ». Les instances nationales de ces programmes sont, elles, soutenues par les agences ou organismes des pays concernés. En revanche, les programmes européens ou ceux qui sont lancés par quelques grandes agences nationales ou internationales, comme le *Global Environment Funds* (GEF) ou le *Fonds français pour l'environnement mondial* (FFEM) bénéficient du soutien direct de ces agences.

Par ailleurs, il existe des *réseaux nationaux et internationaux de dispositifs de terrain*. Citons, par exemple :

1- **Pour la surveillance**, l'exemple qui nous semble actuellement le plus avancé dans sa réalisation est l'*Environmental Change Network* (ECN) au Royaume-Uni : 48 sites, distribués sur l'ensemble du territoire, sont actuellement en service (26 sur les rivières, 18 sur les lacs, 12 terrestres). Plus de 150 paramètres (physico-chimiques et biologiques) sont enregistrés en continu ou périodiquement, avec un pas de temps variant du jour à l'année. Aucune donnée socio-économique n'est à proprement parler enregistrée. Une base de donnée centralisée a été constituée, accessible pour des besoins de recherche. Ce réseau s'intéresse plus particulièrement :

- aux grandes tendances ;
- aux événements extrêmes ;
- à la dynamique des écosystèmes ;
- au développement d'indicateurs sur l'évolution du climat et sur la qualité de l'eau.

Il est soutenu par 15 organismes gouvernementaux (ministères, dont l'équivalent du MAP, NERC, Agence de l'Environnement) et régionaux⁴⁵.

2- **Pour la recherche**, on peut se référer au réseau des sites « *Long-Term Ecological Research* » (LTER) mis en place par les Etats-Unis depuis le début des années 80. Le réseau actuel compte 24 stations (6 en 1981, 20 en 1996 et 24 en 2000), comme son nom l'indique, il est très orienté vers des objectifs de recherche (académique) pour l'instant et ne remplit pas, à proprement parler, le rôle d'un réseau d'observatoires. Il dispose d'un système d'information depuis 1981. Depuis 1997, deux sites en milieux urbain et péri-urbain ont été mis en place (Baltimore et Phoenix).

Un réseau international *International Long Term Ecological Research* (ILTER) a été mis en place sous l'initiative américaine, selon les mêmes principes.

Le projet *National Ecological Observatory Network* (NEON) devrait prendre la suite à partir de 2002. Des discussions sont en cours entre la *National Science Foundation* (NSF), principal bailleur de fonds, et le CNRS pour coupler leurs efforts et partager leurs expériences.⁴⁶

Le réseau des zones atelier du CNRS est déjà constitué de 4 zones labellisées : le bassin de la Seine, la baie du Mont Saint-Michel, les îles sub-antarctiques (Kerguelen, Nouvelle-Amsterdam, Crozet), la plaine d'Alsace.

Le réseau international FLUXNET se met en place pour l'étude des échanges entre forêt-atmosphère (trois sites de ce réseau ont été mis en place en France dans le cadre du sous-réseau EURONET).

Enfin, rappelons que le réseau des réserves de la biosphère du programme « *Man and biosphere* » (MAB) a une composante recherche importante qui intègre les aspects sociaux.

⁴⁵ Page web : www.ecn.ac.uk

⁴⁶ Accès internet : lternet.edu. Une réunion d'une semaine s'est tenue début janvier à Versailles, regroupant des scientifiques américains (LTER) et français (Zones ateliers). Cette réunion a été soutenue par la NSF et par le CNRS. Le Cemagref et l'INRA étaient représentés. Depuis, la NSF et le CNRS ont décidé de débloquer des moyens nouveaux pour des rencontres de scientifiques.

Annexe 3

Les travaux de la *National Academy of Sciences* et de la *National Academy of Technology* des États-Unis : *Grand Challenges in Environmental Research*⁴⁷.

Nous citons ces travaux comme exemple de réflexions qui sont menées dans d'autres pays et qui pourraient constituer l'une des références à un groupe de réflexion tel que nous le préconisons à la fin du texte. On notera à ce propos que nous ne sommes évidemment pas les seuls à nous interroger et qu'il y a beaucoup de points de convergences. On a trop souvent tort de considérer que les problèmes que nous rencontrons nous sont spécifiques. Par exemple, les questions sur la multidisciplinarité et l'interdisciplinarité nécessaires aux recherches sur l'environnement sont bien soulignées dans ce rapport ainsi que les freins au développement de cette pratique scientifique collective. Ce sont les mêmes qu'en France. Dans un autre registre, La nécessité d'aboutir à des solutions concrètes en termes technologiques, décisionnels ou réglementaires, est aussi régulièrement affirmée.

Concrètement, un groupe de scientifiques américains s'est réuni, courant de l'année 2000, sous les auspices de la National Academy of Sciences et de la National Academy of Technology, suite à une demande de la National Science Foundation (NSF) et du National Research Council (NRC) pour identifier les grands enjeux de la recherche sur l'environnement, actuels et futurs, tant sur le plan thématique que sur celui de la pratique scientifique. C'est ainsi que huit grands enjeux ont été identifiés :

Les Cycles biogéochimiques

Il s'agit d'améliorer la connaissance des grands cycles biogéochimiques, d'évaluer comment ils sont perturbés par l'activité humaine et de déterminer comment ils pourraient être mieux régulés. Les domaines importants de recherche incluent la quantification des sources et des puits des nutriments, de mieux identifier les facteurs biologiques, chimiques et physiques qui interviennent dans leurs transformations et de mieux comprendre leurs modes d'action ; l'amélioration de la connaissance des interactions entre les divers cycles biogéochimiques ; l'estimation des perturbations anthropogéniques des cycles biogéochimiques et leurs impacts sur le fonctionnement des écosystèmes, sur la chimie de l'atmosphère, sur les activités humaines ; le développement des bases scientifiques pour la décision sociétales sur la gestion de ces cycles ; et l'exploration des approches techniques et réglementaires pour gérer les perturbations anthropogéniques.

La diversité biologique et le fonctionnement des écosystèmes

Les enjeux sont d'améliorer la connaissance des facteurs affectant la biodiversité, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, en incluant le rôle des activités humaines. Les domaines importants de recherche incluent l'amélioration des outils d'évaluation de la biodiversité à toutes les échelles ; la production d'une théorie de la diversité biologique à la plus grande variété possible d'échelles temporelles et spatiales ; l'élucidation des relations entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes et le développement et l'essai de techniques permettant de modifier, de créer et de gérer les habitats afin de maintenir la biodiversité aussi bien que les populations humaines et leurs activités.

⁴⁷ Grand Challenge in Environmental Sciences. National Academic Press. 2001.
<http://www.nap.edu/openbook/0309072549/html>

La variabilité climatique

Les enjeux sont d'accroître nos possibilités de prévision des variations climatiques, des événements extrêmes aux échelles décennales ; de comprendre comment cette variabilité peut évoluer dans le futur ; et d'estimer de façon réaliste les impacts de cette variabilité. Les domaines importants de recherche incluent le perfectionnement des moyens d'observation en prenant en compte les enregistrements du passé de la Terre, l'amélioration des études sur les diagnostics, le développement de modèles de plus en plus fondés sur les processus et la conduite d'études intégrées d'impacts prenant en compte les réponses humaines et les impacts proprement dits.

La prévision hydrologique

Les enjeux sont d'améliorer et de développer les connaissances nécessaires à la prédiction des changements dans la ressource en eau douce et les évolutions de l'environnement causés par les inondations, les sécheresses et les pollutions. Les domaines importants de recherche incluent l'amélioration de la compréhension des réponses hydrologiques aux précipitations, la génération et le transport des eaux de surface, les stress environnementaux des écosystèmes aquatiques, les relations entre l'évolution des paysages et les flux de sédiments, les transports de subsurface, et la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines et des processus de charge et de décharge de ces eaux.

Les maladies infectieuses et l'environnement

Les enjeux sont de comprendre les aspects écologiques et évolutifs des maladies infectieuses, de développer les connaissances sur les interactions entre organismes pathogènes, les hôtes et l'environnement, et ainsi de rendre possible la prévision de l'évolution de l'infectivité et de la virulence des organismes qui affectent la santé des animaux, des plantes et des hommes au niveau des populations. Les domaines de recherche importants incluent l'étude des changements environnementaux comme facteur de sélection sur la virulence des pathogènes et la résistance des hôtes, l'exploration des effets des changements environnementaux sur l'étiologie des maladies, des vecteurs et des organismes toxiques, le développement de nouvelles approches pour la surveillance et le contrôle, l'amélioration des modèles théoriques de l'écologie des systèmes hôtes-pathogènes.

Les institutions et l'usage des ressources

Les enjeux sont de comprendre comment l'utilisation des ressources naturelles par l'homme est façonnée par les institutions comme les marchés, les gouvernements, les traités internationaux, les règles formelles et informelles qui sont établies pour contrôler l'extraction des ressources, du dépôt des déchets et des autres activités environnementales importantes. Les domaines importants de recherche incluent la façon de documenter les institutions gouvernant les territoires critiques, les ressources et les environnements ; l'identification des indicateurs de performance des institutions gérant les ressources et les environnements partout à travers le monde, de l'échelle locale à l'échelle planétaire, l'amélioration de la connaissance de l'évolution des institutions concernées, la conceptualisation et l'évaluation de l'influence des institutions sur la gestion des « communs » globaux.⁴⁸

⁴⁸ On notera l'acceptation du mot institution, plus étendue qu'en français, que nous avons reprise comme dans le texte original (institution représente l'ensemble des systèmes réglementaires et sociaux de contrôle et de régulation). On remarquera également le pluriel du mot environnement spécifique à cette section. Enfin, les « communs », dont il est question ici, sont sans doute relatifs à la notion de biens et de territoires communs (qui n'appartiennent à personnes) dont les difficultés de gestion ont été évoquées dans le célèbre article de G. Hardin : « *The Tragedy of Commons* » (*Science*, 162, 1968, pp. 1243-1247) et qui a fait couler beaucoup d'encre depuis.

La dynamique de l'utilisation des terres

Les enjeux sont de développer une connaissance systématique de l'évolution de l'utilisation des terres et de la couverture de ces terres qui peuvent être critiques d'une part pour le fonctionnement des écosystèmes et les services qu'ils assurent, et, d'autre part, pour le bien-être de l'homme. Les domaines importants de recherche comprennent le développement sur le long terme de bases de données régionales sur l'utilisation des terres, leurs couvertures, et les informations sociales qui leur sont reliées, le développement d'une théorie sur l'évolution des territoires, spatialement explicite et multisectorielle, la liaison entre cette théorie et les techniques de représentation de l'espace (SIG), l'utilisation conjointe de l'imagerie spatiale, et le développement des applications des techniques de simulation spatialisées.

Réinventer l'usage des matériaux

Les enjeux sont de développer une connaissance quantitative des bilans globaux et des cycles des matériaux les plus utilisés par l'humanité et comment les cycles de vie de ces matériaux peuvent être modifiés. Les domaines de recherche importants comprennent les bilans spatialement explicites des matériaux clé sélectionnés, le développement des méthodes pour établir un cycle complet des matériaux technologiques, la détermination d'une meilleure utilisation des matériaux qui ne sont utiles qu'aux applications industrielles et qui sont potentiellement dangereux pour l'environnement ; l'amélioration de la connaissance des tendances et des forces qui déterminent la consommation des ressources, et le développement de modèles de scénarios globaux des évolutions de l'industrie et de leurs implications environnementales.

Les aspects généraux

Par ailleurs, une analyse globale du champ de recherche insiste :

- comme nous l'avons déjà signalé, sur la nature interdisciplinaire des sciences de l'environnement et les difficultés liées notamment à une organisation scientifique essentiellement fondée sur un découpage interdisciplinaire ;
- sur la nécessaire mise en relation des champs de recherche due aux dépendances multiples entre les grands enjeux définis (exemple des relations cycles biogéochimiques-évolution du climat-dynamique de écosystèmes et de l'utilisation des terres) afin d'aboutir à une visio intégrée de l'environnement ;
- sur l'indispensable prise en compte des attentes des divers acteurs sociaux ;
- sur les distorsions qui peuvent apparaître entre la réponse scientifique et les demandes des décideurs ou sollicitations des agences (exemple du NIH et de la NSF, qui, sur une même problématique « environnement-santé », peuvent avoir des motivations différentes) ;
- sur la région comme échelle pertinente d'analyse des problèmes environnementaux ;
- enfin, sur la formation de compétences pour la recherche interdisciplinaire.

Discussion en séance

Sujet très sensible, les recherches sur l'environnement suscitent beaucoup de débats et de contributions. Ainsi, Georges Dobias nous a proposé cette contribution écrite, que nous reprenons très fidèlement :

Le domaine de l'environnement est très vaste dans la mesure où il couvre à la fois l'ensemble des activités humaines, industrielles et agricoles et de grands phénomènes climatiques ou géologiques. Il est donc très divers et souvent mal défini, car les chercheurs l'appréhendent de façon étroite à partir d'une discipline, ce qui crée des malentendus. L'ampleur du domaine et des problèmes traités est telle qu'elle implique la totalité des disciplines scientifiques, que celles-ci relèvent des sciences physiques ou humaines ; ces dernières, qui sont essentielles pour assurer la relation avec le grand public et les politiques, doivent trouver toute leur place dans les programmes. Il n'y a aucun commun dénominateur entre la climatologie et la toxicologie, hors de leur rapport à l'environnement.

La consistance des recherches environnementales dépend également de l'échelle géographique, qui peut varier du planétaire au local en passant par le régional. Les objets et méthodes de recherches varient en fonction de ce classement.

En outre, chacune des politiques publiques doit intégrer les conséquences sur l'environnement qu'elles entraînent, ce qui implique que des recherches spécifiques soient menées en fonction de ce cadre politique. Or, il y a peu de rapports entre les finalités des politiques de l'agriculture, de l'équipement, des transports et de l'industrie. Le Predit, par exemple, doit comporter un volet relatif à l'environnement, sauf à lui enlever une part de sa crédibilité.

Il est donc normal qu'il y ait un grand foisonnement de recherches, puisque le domaine de l'environnement implique des questionnements fondamentaux et finalisés très larges. Il en résulte qu'il est parfaitement normal que chacun des EPST et EPIC puissent avoir un programme de recherche en environnement, comme d'ailleurs les Universités ; et il en est de même pour chacun des départements ministériels en charge d'un secteur économique. Le foisonnement est donc consubstantiel à la définition même de l'environnement. Aussi serait-il parfaitement contre-productif de limiter le nombre de recherches entreprises dans ce domaine. La plupart d'entre elles sont, à l'évidence, indépendantes les unes des autres et il est normal que cette situation perdure. De ce point de vue, la suggestion proposée au point 1 est inappropriée et finalement contre-productive.

Il est cependant exact qu'il manque des recherches qui permettent d'effectuer des synthèses dans des domaines déterminés : par exemple, les effets d'une politique globale d'aménagement définie dans le cadre des contrats de plan Etat-Régions. Il y a donc place pour des recherches de synthèse concernant des aspects de l'environnement, qui établiraient des passerelles entre les travaux effectués dans divers EPST, EPIC et Universités.

Il est par conséquent souhaitable de coordonner les actions de recherches menées dans les divers établissements plutôt que d'imposer de nouveaux programmes à l'initiative de l'un ou l'autre d'entre eux. Un comité de coordination ou un institut spécifique « sans murs » peut constituer une réponse adaptée ; pour certains secteurs scientifiques, cette coordination devrait impliquer d'autres pays, notamment de l'Union Européenne, et la suggestion 4 mériterait d'être complétée dans ce sens.

Enfin, parmi les très grands équipements nécessaires mentionnés au point 3, il ne faut pas oublier ceux qui concernent les SHS, en particulier les grandes enquêtes relatives aux comportements des citoyens vis à vis de l'environnement.

Les Collègues relevant des sciences de l'homme et de la société, tout particulièrement : Catherine Sofer et Christine Ponthieu, nous ont fait remarquer que l'économie, par exemple en intégrant des préoccupations liées aux ressources naturelles, intégrait, dans ses démarches classiques (i.e. non spécifiques à l'économie de l'environnement), des préoccupations environnementales. Nous partageons ce point de vue.

Mireille Corbier a fort justement précisé que les archéologues intégraient les relations environnement-sociétés humaines dans leurs préoccupations. Sur la base d'une analyse un peu schématique et critique de la contribution des sciences de l'homme et de la société aux recherches sur l'environnement, dans la version de ce rapport discutée en séance, elle s'est prononcée contre sa publication par le CSRT. Cependant, nous avons tenu compte de ses remarques, en améliorant cette analyse dans la version finale. Et en reproduisant ici les raisons de son opposition.

Enfin, Jean-Pierre Verjus a fort justement signalé que l'accent sur la modélisation n'était pas suffisamment mis. Dont acte. L'auteur de ce rapport, de peur d'en rajouter sur un sujet qui lui tient tout particulièrement à cœur, a été fort discret. Aussi, dans cette version finale, un paragraphe spécifique sur la modélisation a-t-il été ajouté.

Nous remercions tous les collègues du CSRT pour leurs remarques et leurs contributions.