

# L'ENVIRONNEMENT : UN CHAMP DE RECHERCHE EN FORMATION

MARCEL JOLLIVET ET ALAIN PAVÉ

*Le champ des recherches sur l'environnement est tellement éclaté en disciplines différentes que le risque est grand de voir ces recherches se disperser, au détriment de l'avancée des connaissances. Il est donc souhaitable de le structurer. Faire converger les démarches de recherche est devenu une nécessité maintenant que le domaine à explorer est à peu près balisé.*

Les recherches sur l'environnement connaissent depuis une vingtaine d'années un développement rapide et important. Ceci s'explique tout à la fois par le sentiment d'urgence qui prévaut en ce domaine et par la multiplicité des questions à traiter.

Jusqu'à un proche passé, ce champ de recherche s'est construit au coup par coup, de façon éminemment pragmatique : des opérations de recherches ont été lancées sur des sujets précis au fur et à mesure qu'ils étaient identifiés, en particulier par de nombreux rapports rédigés depuis le début des années soixante-dix tant au niveau des problèmes généraux qu'à propos de questions plus spécifiques (études de diverses pollutions, en particulier de l'air et de l'eau ; effets des retombées des pollutions atmosphériques ; évolution de divers milieux et écosystèmes ; devenir de la couche d'ozone stratosphérique...)<sup>1</sup>.

Peu à peu des regroupements ont été effectués permettant de lancer des grands programmes scientifiques internationaux tels « L'Homme et la Biosphère » de l'UNESCO (MAB : *Man and Biosphere*), le Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB) ou nationaux comme, en France, le Programme National d'Étude du Climat (PNEDC) ou le Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement (PIREN) du CNRS.

En dépit de ces efforts sectoriels de structuration, les recherches sur l'environnement se présentent encore le plus souvent comme une liste de thèmes plus ou moins bien ordonnés et non pas comme un ensemble construit et cohérent.

Il en va d'autant plus ainsi que ces recherches abordent des questions extrêmement diverses dans leurs contenus et font de ce fait appel à de multiples disciplines appartenant à presque tous les grands secteurs de la recherche. Cette caractéristique, qui ne leur est sans doute pas spécifique, mais qu'elles ont à un degré particulièrement élevé et qui les marque très profondément, est facteur tout à la fois de dispersion thématique et de difficultés propres, notamment méthodologiques. Elle appelle tout particulièrement une interdisciplinarité qui reste très embryonnaire : en effet, la conduite des opérations de recherche concernant plusieurs disciplines se résume encore le plus souvent à une juxtaposition de travaux monodisciplinaires.

Le pragmatisme qui a prévalu jusqu'ici a donné au champ de recherche sur l'environnement la souplesse et l'ouverture dont il avait besoin dans sa période pionnière ; il conviendrait d'ailleurs de lui conserver toute sa plasticité. Mais parallèlement, l'expérience et les résultats acquis, les opérations partielles de structuration réalisées appellent un bilan. Ce bilan est par ailleurs indispensable si l'on veut saisir la dynamique scientifique interne de ce champ de recherche, c'est-à-dire les problématiques qui sont susceptibles d'y organiser et d'y diriger l'acquisition des connaissances à partir des questions originales et originales qui le justifient.

La question ici posée est simple : elle est celle de savoir si les recherches sur l'environnement relèvent globalement d'une démarche scientifique propre ou si elles ne sont que l'expression, voire l'application – à

chaque fois spécifiée et donc particulière – dans l'univers de la recherche, des mille et une facettes des préoccupations scientifiques et sociales concernant l'environnement<sup>2</sup>.

On voudrait montrer ici :

- qu'elles forment bien en elles-mêmes un champ de recherche en voie de structuration ;
- qu'on peut de ce fait faire émerger un ensemble de questions le constituant en tant que tel ;
- qu'il conviendrait alors d'accélérer ce processus en agissant, sur le plan méthodologique, de façon prioritaire et privilégiée dans cinq directions : la problématisation, l'intégration des échelles de temps et d'espace, l'interdisciplinarité, la modélisation, la liaison recherche-action.

## UN CHAMP DE RECHERCHE EN COURS DE CONSTITUTION

La difficulté de trouver une unité aux recherches sur l'environnement et l'impression de flou qui s'en dégage ont trois origines :

- le caractère polysémique du terme lui-même ;
- les difficultés propres d'une approche scientifique de l'environnement ;
- la multiplicité des préoccupations qui se rejoignent dans la sensibilité à l'environnement.

### Une polysémie à exploiter

Dans son sens le plus courant, l'environnement est ce qui est autour ou ce qui en-

tour ; tout environnement est défini par rapport à un objet central. Ceci introduit déjà une grande variabilité dans le sens du terme pour les scientifiques. Pour un biologiste des populations, l'objet central est la population qu'il étudie ; l'environnement est ce qui entoure cette population. Pour un physiologiste, l'objet central est un organisme, un individu ou un organe ; l'environnement est ce qui entoure cet organisme (le "milieu ambiant") ou cet organe (le "milieu interne"). Pour un moléculaire, l'objet central est une molécule, une macromolécule ; l'environnement est le "milieu cellulaire". Pour un sociologue, l'environnement peut être le milieu familial, le groupe social, le cadre de travail, le cadre de vie ... On observe un enrichissement constant de ce sens commun. Ainsi parle-t-on d'environnement en informatique pour désigner l'ensemble des dispositifs et programmes d'application nécessaires pour effectuer des tâches de haut niveau.

C'est dans cette optique également qu'est apparu le sens plus spécifique dans lequel le mot est pris ici, le centre, pour le coup, étant l'homme. C'est ainsi que l'on est arrivé à la définition de l'environnement comme étant « l'ensemble des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme sur les êtres vivants et les activités humaines »<sup>1</sup>.

On sait que cette façon de voir consistant à mettre l'homme au centre et à considérer l'ensemble de l'écosphère<sup>2</sup> comme son environnement est aujourd'hui récusée par certains. Ce point de vue ne change rien au

constat qui est à l'origine des préoccupations dont cette définition se fait l'écho. C'est bien parce que l'environnement tel qu'il y est défini devient menace pour l'homme – celui-ci donc étant au centre – qu'il devient par là même un environnement dont on se soucie, et que l'on désigne, que l'on nomme, précisément parce qu'il fait souci.

Ceci met en évidence la double face que la notion d'environnement tire de sa double origine : l'une ancienne et scientifique, l'autre récente et sociale.

L'origine scientifique renvoie à la démarche de connaissance de la "nature", du "milieu naturel". C'est ainsi que certaines questions très actuelles ont été formulées depuis longtemps. Par exemple, dès 1824 Joseph Fourier s'interrogeait sur les conséquences de l'activité des sociétés humaines sur les grands équilibres de la planète ; il y a un siècle Arrhenius relançait le débat à propos des effets de l'accumulation, supposée à l'époque, de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Les courants hygiénistes du XVIII<sup>e</sup> siècle soulevaient la question du *cadre de vie et de la santé*. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les organismes géant les ressources naturelles s'interrogeaient déjà sur leur épuisement (exemple des sols, des pêches ou des forêts...). On peut en somme dire que le terme d'environnement a pris le relais des termes "nature" et "milieu" et qu'il s'est substitué à eux.

Cette substitution date, en gros, des années soixante et correspond à la prise de conscience d'un certain nombre de problèmes posés par le développement de nos sociétés : pollutions, détérioration des milieux, limitation des ressources naturelles, urbanisation

1. Citons le célèbre "Rapport Meadows" ("The limits to Growth", 1972) ou "Développement et environnement" (rapport préparatoire à la Conférence des Nations Unies, juin 1971), *Utilisation et conservation de la biosphère* (UNESCO, 1970). Plus récemment le Rapport Brundtland (1985), le *Rapport sur la planète terre* (Earth report, E. Goldsmith et N. Hildyard, 1988, éd. fr., Stock, 1990). Ou encore le dernier rapport de conjonction du CNRS (1989) et le texte d'orientation et de programmation scientifique du Programme Environnement (1990).

2. Par exemple, *La pollution de l'air en France* (La documentation française, 1973) ; le Programme DEFORPA d'étude des pluies acides sur les forêts...

3. Cette question se pose tout particulièrement lors de la conception d'une programmation des recherches sur l'environnement. Ainsi les réflexions présentées dans ce texte viennent-elles de la tentative faite en ce sens au sein du Programme Environnement du CNRS. (cf. Jollivet M. et Pavé A. (1992). *L'Environnement : questions et perspectives pour la recherche*, Lettre du Programme Environnement du CNRS, 6, 3-29.

4. Définition du Conseil international de la langue française, reprise avec des variantes par le Petit Robert (édition de 1979). Cette définition est citée à titre d'exemple et nullement comme une définition que nous reprendrions à notre compte.

5. On retient ici par commodité le terme d'écosphère de préférence à celui de biosphère sans ignorer les controverses autour de ces deux termes. On pourra, par exemple, consulter : Polunin N. et J. Grinevald (1988). *Vernadsky and Biosphere Ecology*, *Environmental Conservation*, 15, 2, 117-122.



accélérée et chaotique, perturbations des grands cycles biogéochimiques... De cette prise de conscience date ce que l'on pourrait appeler la question de l'environnement, face sociale d'un ensemble de problèmes naturels.

Cette dualité qui lui est intrinsèque est très caractéristique de la notion d'environnement. Ceci est une source d'ambiguïtés et de malentendus dans les échanges interdisciplinaires. Quand ils emploient le terme d'environnement, les spécialistes des sciences de la nature continuent implicitement de penser "milieux" et "nature"; les spécialistes des sciences sociales, de leur côté, pensent "débat social" et "problème de société". Cette dichotomie réductrice ne correspond pas à la nature des problèmes à traiter : les problèmes d'environnement sont tout à la fois des problèmes naturels à dimensions sociales et des problèmes de société à dimensions naturelles. C'est de cette double nature que la recherche doit rendre compte.

## 8 Des problèmes fondamentaux à maîtriser

Les problèmes d'environnement obligent à considérer des processus pris dans leur ensemble, de leurs sources à leurs conséquences, en passant par toutes les étapes de leur déroulement. Il en va ainsi aussi bien de toute "pollution" que des phénomènes en rapport avec le changement climatique : en établir la réalité, c'est tout à la fois mettre en évidence des changements significatifs dans le déroulement de ces processus, démontrer que l'on peut en attendre des conséquences précises et fâcheuses et se donner les moyens d'en comprendre les causes. L'absence de l'une quelconque de ces trois dimensions fait perdre leur sens aux deux autres.

La démarche scientifique a été pour l'essentiel fondée sur le découpage du milieu naturel en sous-ensembles ou en composantes élémentaires ; il s'est agi de les isoler pour mieux les étudier et de développer à ce propos un arsenal méthodologique, technique et théorique. C'est ainsi que s'est faite l'édification des disciplines et, à plus forte raison, de leurs spécialités. Or il s'agit aujourd'hui de réunir ce qui a été ainsi disjoint en faisant tout

particulièrement porter l'attention sur les interrelations, les interfaces et leurs propriétés et de se donner ainsi les moyens de considérer l'ensemble.

Ceci ne peut conduire qu'à troubler l'image "canonique" de la science et à rendre perplexe sur la pertinence scientifique d'un "objet" qui jette ce trouble.

De fait les recherches sur l'environnement, parce qu'elles obligent à accepter une complexité inusitée des phénomènes étudiés, ne peuvent manquer d'obliger à inventer de nouvelles techniques de recherche et à approfondir des questions méthodologiques et théoriques majeures dans le cadre d'une véritable pratique interdisciplinaire.

Outre les difficultés inévitables liées à l'interdisciplinarité, les recherches sur l'environnement doivent en affronter d'autres qui tiennent aux caractéristiques mêmes des questions qu'elles ont à aborder, telles que :

- la faiblesse des causes par rapport aux effets, la faiblesse de certains effets eux-mêmes au moins dans leur phase initiale ; ceci situe les unes et autres à la limite du per-

## LA COMPLEXITÉ

schémas récursifs. C. Bennett parle alors de complexité logique. La mesure de cette complexité est mesurée par le temps de calcul nécessaire à un programme (informatique) minimal pour produire l'objet auquel on s'intéresse. On retrouve dans cette notion la complexité liée à la nature, linéaire ou non linéaire, des interactions entre composantes d'un système et au comportement, à la dynamique, de ce système, qui peut paraître compliquée. Par exemple un régime chaotique paraît complexe ; de tels régimes peuvent cependant être engendrés par des schémas récursifs ayant peu de variables, elles-mêmes ayant peu d'interactions, donc à faible complexité aléatoire ; on pourra prendre comme exemple le célèbre modèle logistique en temps discret :

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n).$$

Un système comme l'atmosphère est complexe. Les lois physiques qui en gouvernent l'évolution, même à court terme, conduisent à des modèles et à des algorithmes sophistiqués. Il s'agit d'un système à forte complexité à la fois "aléatoire" et "logique" ; l'écosphère dans son ensemble est évidemment d'un ordre de complexité supérieur.

ceptible, en fait des causes incertaines, des effets contestés ;

- la difficulté de distinguer les fluctuations et la variabilité naturelles de celles qui sont induites par l'activité humaine ;
- la multiplicité et les "emboîtements" des échelles d'espace et de temps, ainsi que des niveaux d'organisation des systèmes vivants, auxquels s'expriment ces phénomènes : du local au global, de la seconde à l'ère géologique, de la macromolécule aux écosystèmes, aux paysages, voire à la biosphère dans son ensemble ;
- la diversité et l'importance des effets de l'activité humaine par une quadruple intervention : diffusion, concentration de composantes de l'environnement conduisant à une modification de leur répartition spatiale (c'est vrai pour les ressources minérales, mais ce l'est aussi pour les ressources vivantes), synthèse de nouveaux "produits", de nouvelles "races" – voire de nouvelles "espèces" – non "naturels" (produits de la chimie de synthèse, éléments radio-actifs, nouvelles varié-



tés animales et végétales, bactéries génétiquement modifiées...), destruction volontaire ou involontaire de certains écosystèmes avec pour conséquence une diminution de la diversité biologique, au moins localement, et une modification majeure des conditions de vie des populations humaines qui vivent de ces écosystèmes.

Tout ceci renvoie à la notion intuitive de complexité des phénomènes et des objets étudiés. Cette notion a été souvent discutée, il est utile de la cerner et d'en donner une approche plus formelle. Aujourd'hui, certains auteurs proposent de distinguer, d'une part, la complexité "aléatoire" et, d'autre part, la complexité "organisée" (cf. encadré). Cette définition de la complexité est évidemment très réductrice et ne recouvre sans doute pas toutes les acceptions de ce terme. Mais elle a au moins le mérite d'exister. À chacun de la mettre à l'épreuve dans son domaine d'intervention<sup>6</sup>.

Enfin s'ajoute à cela une complexité d'origine méthodologique liée à la diversité des méthodes et outils à mettre en oeuvre dans l'étude expérimentale et dans la modélisation des problèmes d'environnement que nous mentionnerons à nouveau dans la partie relative à la modélisation.

Enfin, ces caractéristiques ont souvent perturbé la réflexion scientifique. C'est ainsi, par exemple, que la notion fondamentale de causalité a pu être mise en cause et que certains ont même vu dans l'analyse des systèmes une approche permettant de ne pas en tenir compte. En fait il s'agit plutôt d'une généralisation du schéma causal tenant compte de la non proportionnalité des effets par rapport aux causes (due aux non-linéarités), de la multiplicité des causes et des effets, de boucles de rétroaction, etc.

Ces difficultés compliquent la mise en oeuvre d'une recherche sur l'environnement qui satisfasse aux exigences d'une recherche de qualité. Mais en même temps, elles situent d'emblée les recherches sur l'environnement dans les recherches de pointe, car elles obligent à avoir immédiatement recours aux avancées méthodologiques et théoriques les plus actuelles.

### Un héritage multiple de questions au premier degré

Les recherches sur l'environnement se situent à la convergence de plusieurs courants de préoccupations d'origines diverses. On manque en fait d'une histoire d'ensemble des questions qui sont aujourd'hui regroupées sous ce terme et qui forment, ensemble, ce que l'on a appelé "la question de l'environnement". Faute de cette histoire et à titre purement indicatif, nous proposons l'énumération suivante, grossière, dont nous avons bien conscience qu'elle est dans le désordre et sans doute fort incomplète :

- question de la diversité biologique, de sa caractérisation, de sa dynamique et de son rôle pour le maintien et le développement des sociétés humaines, qui renvoie actuellement au problème de sa conservation<sup>7</sup> ;
- crainte d'un épuisement des ressources naturelles non renouvelables et interrogations sur les modalités du développement industriel ;
- préoccupations concernant la "gestion" des ressources naturelles renouvelables ;
- inquiétudes sur les utilisations tant civiles que militaires du nucléaire ;
- problèmes de la faim dans le monde et du sous-développement ;
- préoccupations concernant l'évolution de la composition de l'atmosphère (état de la couche d'ozone, gaz à effet de serre, oxydants...) ;
- préoccupations concernant les pluies acides, l'évolution du climat ;
- problèmes de santé liés aux conditions de travail ;
- problèmes de santé liés au cadre de vie (plus particulièrement urbain) ;
- problèmes de santé liés à l'eau et à l'air ;
- problèmes des épidémies et de l'hygiène sociale ;
- problèmes de santé liés à l'alimentation ;
- aspirations à l'amélioration du cadre de vie et goût pour la "nature" ;
- question de la diversité des cultures humaines et de la conservation du patrimoine culturel ;
- question très récente des environnements artificiels posée par la recherche spatiale.

6. On pourra consulter : Solbrig O.T. et Nicolis G., (éd.) (1991). Perspectives on biological complexity, IUBS monographs séries, n° 6, Paris. Ou encore l'excellent article de vulgarisation : Delahaye J.-P. (1991). Complexités, la profondeur logique selon C. Bennett, Pour La Science, 166, 102-104.

7. Pour avoir un point de vue actuel sur le problème de la diversité biologique, on pourra se reporter à l'ouvrage collectif : Solbrig O.T. (éd.), From genes to ecosystems : a research agenda for biodiversity. IUBS, Cambridge (Mass.), 1991. Par ailleurs, est apparue récemment une interrogation sur les conséquences de l'ingénierie biologique, en particulier des manipulations génétiques.

On pourrait s'attendre à ce que tous les problèmes en rapport avec les "risques naturels" (séismes, éruptions volcaniques, cyclones, avalanches, inondations ...) figurent dans cette liste. Ces différents problèmes font en effet l'objet de recherches anciennes, du moins dans le domaine des sciences de la Terre. Mais précisément, cette ancienneté fait tradition et donne assise à des communautés scientifiques bien établies. Même si les mécanismes qui les produisent restent mal connus, les problèmes, eux, sont connus, comme les épreuves que les sociétés humaines ont à endurer de leur fait. Il n'y a plus là ce caractère de nouveauté – ou, au moins, de découverte – dans le risque encouru, qui est à l'origine de la "question de l'environnement". Et, surtout, l'homme n'apparaît pas comme le responsable des phénomènes en cause : ceux-ci ont une origine totalement naturelle et ne présentent donc pas le caractère hybride, dualiste, des phénomènes d'environnement. On les inclura par contre très logiquement dans les problèmes d'environnement lorsque l'action de l'homme sera en cause, soit parce qu'elle augmente les probabilités d'occurren-

ce de ces phénomènes (comme dans le cas des inondations ou des avalanches par exemple), soit parce qu'elle en aggrave les conséquences humaines (par exemple, à travers des constructions dans des zones à risques sismiques) <sup>5</sup>.

Les "risques naturels" entrent par ailleurs – et entreront de plus en plus – en composition avec les processus induits sur l'environnement par l'action de l'homme. Que l'on pense, par exemple, à l'action des éruptions volcaniques sur la composition chimique de l'atmosphère ou aux incidences des modifications du climat sur les inondations, les avalanches, les glissements de terrain, les cyclones, etc. Une des questions centrales des recherches sur l'environnement est de pouvoir apprécier la part respective de la variabilité naturelle et de la variabilité induite par l'homme dans l'évolution des phénomènes étudiés. Par conséquent, une meilleure connaissance de tous les processus naturels qui concourent à l'évolution naturelle de l'écosphère est évidemment un apport essentiel aux recherches sur l'environnement.

Toutes ces préoccupations et sensibilités demeurent plus ou moins présentes à

l'arrière-plan des grandes questions qui sont regroupées aujourd'hui sous le terme d'"environnement". Elles en constituent le soubassement commun. Elles sont donc les éléments à partir desquels une unité du champ de recherche est susceptible de se construire. Elles continuent d'en constituer le cadre général de référence.

### Une première structuration implicite du domaine

De fait, un point de vue commun s'édifie à travers tout un ensemble de mises en correspondance, de croisements et donc d'interfécondations entre ces différentes questions au départ fortement, voire totalement, déconnectées les unes des autres. Là encore une analyse historique fine serait nécessaire pour suivre avec précision ces cheminements, de façon à clarifier les présupposés sur lesquels sont fondées les démarches scientifiques actuelles. À défaut de celle-ci et toujours de façon très grossière, on peut esquisser un tableau des rapprochements progressifs qui se sont faits et qui structurent actuellement le champ de recherche (figure 1).

Trois ensembles distincts de questions se dégagent :

- un autour des "grands équilibres" de la planète<sup>6</sup>, issu principalement des sciences de l'univers : analyse des grands cycles biogéochimiques, étude des transferts d'énergie, conséquences sur l'évolution des climats ;

- un autour de la "gestion des ressources naturelles renouvelables", question d'origine écologique et économique, à laquelle on peut rattacher la question très actuelle de la diversité biologique, ainsi que la problématique, elle aussi très actuelle, de "la dynamique des ressources et des usages" ;

- un, plus flou et plus composite, sur la qualité du cadre et du mode de vie et sur ses conséquences sur la santé (ou plus globalement sur les rapports santé-environnement), défini principalement par la médecine, la santé publique, les urbanistes et aménageurs.

Ces trois questions renvoient, en arrière plan, à une autre très générale et qui,

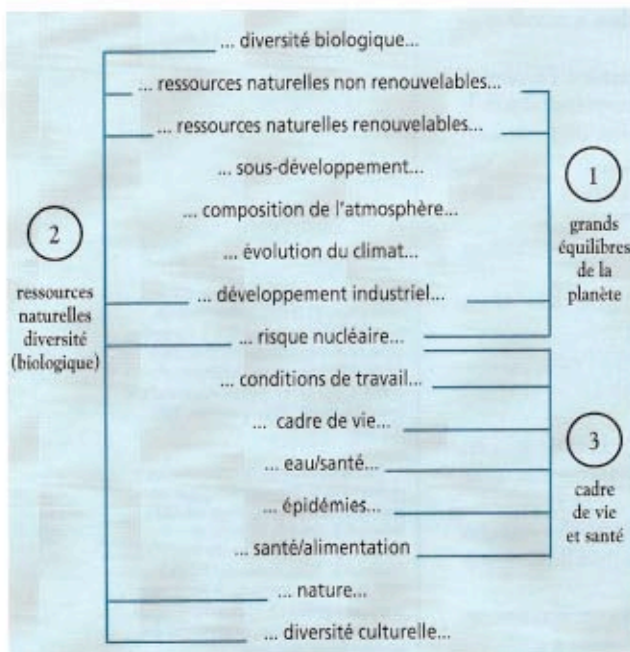


Figure 1 – Premier regroupement des questions telles qu'elles ont émergé des problèmes concrets. Trois groupes de questions peuvent être identifiés, cependant des parties communes entre ces ensembles sont relatives aux problèmes de développement des sociétés humaines.



d'une certaine manière, les englobe toutes : celle du développement des sociétés humaines. Cette question se pose aujourd'hui aussi bien pour les sociétés industrielles que pour les sociétés dites "moins avancées" ou nettement sous-développées. Il s'agit non seulement du développement économique, mais aussi du développement social. Ce problème a été clairement explicité dans le rapport Brundtland (*op. cit.*) qui a proposé le terme de développement durable (*sustainable development*).

### **VERS UN POINT DE VUE UNIFIANT**

Si, à travers leurs dynamiques propres, les recherches sur l'environnement, en dépit et au-delà de leur extrême diversité, tendent vers une structuration, il importe de se demander d'où ceci procède afin de passer dans toute la mesure du possible d'un processus aveugle à une programmation plus systématique des recherches. Ceci est d'autant plus justifié que tout donne à penser que le processus d'intégration, dont on a évoqué ci-dessus une première étape, se poursuit.

#### **Une deuxième phase d'intégration en cours**

Entre les trois sous-ensembles distingués précédemment, des ponts s'établissent en effet progressivement :

- la gestion des ressources renouvelables apparaît comme devant être intégrée aussi bien à l'amont qu'à l'aval de toute analyse des cycles fondamentaux assurant les grands équilibres bio-physico-chimiques de la planète ;
- à travers des problèmes de pollutions locales (comme celles de l'eau ou de l'atmosphère), une jonction s'opère entre la gestion des ressources naturelles (renouvelables ou non), la qualité du cadre de vie et les problèmes de santé ;
- la question des incidences des modifications climatiques prévisibles sur la santé de l'homme est ouverte ;

- enfin, d'une façon générale, la mise en perspective planétaire des problèmes d'environnement, qu'implique l'analyse des grands cycles bio-physico-chimiques, fournit un principe d'intégration à l'ensemble des recherches sur le changement climatique ; on peut dire que toutes ces recherches ont ceci de commun qu'elles concourent à l'analyse globale de la façon dont interagissent les évolutions de l'écosphère et celles des sociétés humaines ; ce qui, corollairement, signifie qu'elles doivent toutes se situer par rapport à ce projet commun d'une part et, d'autre part, les unes par rapport aux autres en fonction de ce projet.

Aussi sommaires soient-elles et en dépit du fait qu'elles puissent être révisées sur bien des points de détail, ces considérations montrent qu'un processus d'intégration des recherches sur l'environnement est bel et bien en cours.

#### **Un principe d'unification à l'œuvre**

On a vu que des processus d'intégration entre les différentes grandes "entrées" dans la question de l'environnement s'étaient produits et avaient progressivement provoqué des recoupements et des enchaînements produisant à leur tour l'apparition de questions transversales. On a vu notamment que la mise en perspective planétaire des problèmes d'environnement pouvait fournir un principe d'intégration à l'ensemble des recherches sur l'environnement. Ce point est important parce qu'il englobe tous les autres en les expliquant ou, autrement dit, en explicitant les raisons. On tient avec lui un point de vue général de départ qui est susceptible d'organiser les recherches sur l'environnement comme un champ de recherche propre.

Un certain nombre des éléments constitutifs de ce point de vue peuvent d'ores et déjà être notés :

- il procède d'une question centrale : celle des interactions entre les évolutions de l'écosphère, d'une part, et des sociétés humaines, d'autre part ;
- il désigne un objectif de connaissance bien précis, qui est contenu dans l'énoncé

8. Sur ce point on pourra consulter les travaux de Ph. Roqueplo.

9. Sur cette expression, reprise ici parce qu'elle est d'usage courant, voir les observations ci-après.

précédent : il s'agit bien d'étudier les actions réciproques de l'écosphère sur les sociétés humaines et des sociétés humaines sur l'écosphère ; par ailleurs, ces interactions se déroulant nécessairement dans le temps, voire même par séquences, il s'agit bien d'analyser comment elles évoluent conjointement ;

■ il est doublement globalisant : d'une part il envisage l'écosphère comme un tout, comme un ensemble de flux, de transferts, de transports, de processus (d'accumulation, de transformation, de croissance, etc.), se déroulant dans l'espace et dans le temps et aux dimensions à la fois physiques, chimiques, biologiques et sociales (au sens large du terme) ; d'autre part il saisit l'écosphère au niveau d'intégration le plus élevé possible, le niveau planétaire ;

■ le choix du niveau d'intégration précise l'objectif : le niveau choisi correspond à celui où est mis en évidence ce qui fait problème, à savoir une modification de paramètres biologiques, physiques ou chimiques susceptible d'avoir des incidences sur la santé de l'homme et sur ses conditions d'établissement sur la planète. Ceci précise – et limite – le champ des "interactions" et les "évolutions conjointes" qui font partie des questions d'environnement.

Il importe de rappeler que ces éléments de définition renvoient plus particulièrement aux recherches sur le changement climatique. Si, sur la plupart des points évoqués, une généralisation à l'ensemble des recherches sur l'environnement est possible, il est un point par contre – et non des moindres – qui fait problème : c'est celui du choix du niveau planétaire comme niveau d'"entrée" et de référence. Si la gestion des ressources naturelles, renouvelables ou non, et la qualité des cadres de vie peuvent être placées dans cette perspective, elles ne peuvent pas lui être totalement assujetties, comme c'est au contraire le cas lorsque l'on travaille sur les hautes couches de l'atmosphère ou sur l'ozone stratosphérique. Les problèmes d'environnement (au sens donné ci-dessus à ce

terme) en rapport avec les manipulations de la biomasse, des sols, de l'eau, etc., que ce soit dans le but de produire ou dans celui d'aménager pour habiter, se présentent généralement à une échelle locale ou régionale : toutes les échelles d'espace et tous les niveaux d'intégration peuvent donc *a priori* avoir leur pertinence selon le problème traité. On reviendra sur cette question essentielle plus loin.

Il n'est toutefois pas arbitraire d'estimer que ces recherches localisées sont sous-tendues par une double référence également planétaire : la référence à la diversité biologique (et à sa nécessaire gestion, sinon "conservation") d'une part et, d'autre part, la référence à un droit de l'homme au bien-être et à un destin solidaire de l'humanité.

### Trois paradigmes et six questions clés

Ainsi la "question de l'environnement" pourrait être vue comme la résultante de la mise en oeuvre de trois paradigmes<sup>10</sup> :

- celui des équilibres planétaires,
- celui de la diversité biologique et de son maintien,
- et celui d'une solidarité au niveau de l'ensemble de l'espèce humaine (au sens, au moins, d'une mutuelle dépendance entre les hommes).

L'unité du champ de recherche résiderait alors dans leur validation et dans leur confrontation permanentes. Les recherches devraient avoir comme objectifs :

- de procéder à une réévaluation constante de leur pertinence même,
- et, pour ce faire, de prendre en charge les questions suivantes, dans le but tout à la fois d'y répondre et de les reformuler en fonction des connaissances acquises :

- Comment les modifications des états et des dynamiques bio-physico-chimiques de la planète agissent-elles sur la diversité biologique ?

- Inversement comment l'évolution de la diversité biologique agit-elle sur ces états et dynamiques planétaires ?

- Comment les modifications de ces états et dynamiques se répercutent-elles sur les rapports sociaux entre les hommes ?

- Inversement comment les dynamiques actuelles des rapports sociaux agissent-elles sur les états et dynamiques naturels globaux ?

- Comment la question de la conservation de la diversité biologique retentit-elle sur les rapports sociaux ?

- Inversement enfin, comment les dynamiques sociales en cours agissent-elles sur la biodiversité ?

Ces formulations ne sont que des propositions que l'on estime correspondre à l'état actuel des problématiques et des recherches.

On notera le changement de vocabulaire qui doit être opéré lorsque l'on passe de l'énoncé des paradigmes à celui des questions qui organisent les recherches. Si les termes d'"équilibre planétaire", de "diversité biologique" et de "solidarité de l'espèce humaine" ont une valeur paradigmatique générale dans la mesure où ils représentent des sortes de notions limites de référence, ils ne sont plus de mise lorsqu'il s'agit de rendre compte d'états qui sont le produit temporaire (à une échelle de temps plus ou moins longue) de processus dynamiques. En effet, ces processus contiennent des éléments de contradiction en eux-mêmes marquant équilibres et déséquilibres, maintien de la biodiversité et évolution (donc apparition et disparition), solidarité et rapports inégalitaires entre les hommes. Il faut alors recourir à des termes "opératoires" qui peuvent enregistrer simultanément les deux facettes de cette réalité contradictoire et évolutive, afin de pouvoir la caractériser par rapport aux trois grands axes paradigmatiques fondateurs.

Il va de soi que l'accumulation des connaissances permettant d'éclairer ces questions passe par des voies multiples et infiniment plus précises, mais il est sans doute utile, dans l'état actuel des recherches sur l'envi-



ronnement, de se donner des pistes et des repères généraux visant à améliorer les convergences entre les programmes de recherche et la progression des connaissances. Cette structuration du champ de recherche autour de ces trois paradigmes peut aider, au moins pour un temps, à provoquer ces convergences, à animer les confrontations et à guider le choix des priorités. Elle n'est qu'une proposition à valeur hypothétique à soumettre elle-même aux progrès des connaissances.

### LES VOIES D'UNE CONSOLIDATION

Cinq questions principales se déduisent de ce qui précède.

- La première prolonge directement la présentation qui vient d'être faite de la dynamique de la structuration à l'oeuvre dans le champ des recherches sur l'environnement. Ce n'est là, avons-nous dit, qu'une proposition – au demeurant fort rapide et schématique – de lecture de l'évolution récente des recherches sur l'environnement. Cette proposition doit être approfondie, enrichie et

éventuellement corrigée. Il n'en demeure pas moins que, dans son état actuel, elle conduit à la conclusion importante selon laquelle un effort de théorisation – ou au moins de problématisation – doit être entrepris sans plus tarder, de façon à ce que le processus d'intégration de ce champ de recherche se poursuive de manière contrôlée.

- La seconde renvoie à un point central de cette problématisation : il s'agit de la question cruciale des niveaux d'organisation à considérer et de la façon de concevoir leurs rapports.

- La troisième a trait à l'interdisciplinarité, dont il a été, explicitement ou implicitement, question tout au long de ce texte.

- La quatrième concerne l'analyse systémique et la modélisation ; on verra qu'elle renvoie en fait aux trois premières, dont elle constitue le volet méthodologique majeur.

- La cinquième est liée aux politiques et aux innovations techniques en rapport avec le souci de préserver l'environnement.

	(1) E.D.P. États et Dynamiques Planétaires	(2) R.N.R. Ressources Naturelles Renouvelables	(3) C.V.S. Cadre de Vie et santé	(4) D.S.H. Développement des Sociétés Humaines
(1) E D P		1 → 2	1 → 3 1 → 2 → 3	1 → 4 1 → 2 → 4 1 → 3 → 4 1 → 2 → 3 → 4
(2) R N R	2 → 1 2 → 4 → 1		2 → 3 2 → 1 → 3 2 → 4 → 3	2 → 4 2 → 1 → 4 ?
(3) C V S	3 → 1 ? 3 → 4 → 1 ?	3 → 4 → 2 ?		3 → 4
(4) D S H	4 → 1 4 → 2 → 1	4 → 2 4 → 3 → 2	4 → 3	

Tableau 1 – Mise en évidence des interdépendances entre les questions sous la forme de relations, celles-ci ne sont pas forcément causales au sens mécaniste du terme,  $x \rightarrow y$  :  $x$  contribue à  $y$ , ou  $x$  doit être prise en compte pour expliquer  $y$ ..., les points de départ sont les lignes, les arrivées les colonnes. Ce tableau n'a aucune prétention à l'exhaustivité.

10. Paradigme est pris ici au sens premier du terme, celui d'"idéal-type" ou de notion limite ne correspondant généralement pas à une réalité concrète mais à un concept commode, simplificateur, qui sert de point de repère pour le raisonnement, la réflexion.



## Un effort de problématisation indispensable

Les recherches sur l'environnement sont, on n'a cessé de le souligner, d'une extrême diversité tant thématique que méthodologique. Cette diversité est irréductible. Il est pourtant indispensable de s'extraire d'une liste séquentielle de problèmes ou de problématiques qui fut, et on le comprend bien, la base d'une approche pragmatique, pour proposer un ensemble structuré de questions, de thèmes de recherche. Ceci peut – et doit – se faire en reprenant les quatre grands domaines (les états et dynamiques planétaires, les ressources naturelles renouvelables, le cadre de vie et de santé, le développement des sociétés humaines) et les six questions clés que nous avons identifiées. Pour ce faire, il faut que tout programme de recherche portant sur l'environnement se situe dans ce canevas d'ensemble et que l'on puisse saisir en quoi il l'enrichit, le précise, le modifie. Il s'agit à travers cette démarche d'approfondir l'analyse des interdépendances entre les thèmes en se demandant comment les convergences ainsi mises en évidence concourent à éclairer les grandes questions que l'on estime centrales.

À titre d'illustration, le tableau 1 donne une première idée des interdépendances entre les quatre domaines. On remarque à la lecture de ce tableau que les relations ne sont pas toutes symétriques (*i.e.*  $x \rightarrow y$  n'implique pas  $y \rightarrow x$ ) et que le passage d'une question à l'autre peut se faire par l'intermédiaire d'une ou de deux questions, sans qu'il y ait d'ailleurs nécessité d'un schéma transitif.

Ce que nous permet, au moins, d'illustrer ce tableau, c'est précisément l'interdépendance des questions : on ne peut espérer répondre à l'une d'entre elles de façon isolée sans considérer les autres. Par exemple, on ne peut ignorer l'utilisation des ressources naturelles et les problèmes liés au développement dans la considération des problèmes globaux (première colonne), inversement les problèmes liés aux ressources naturelles, les possibilités de développement, le cadre de vie et l'état sanitaire dépendent très proba-

blement des dynamiques planétaires. Les effets peuvent être directs ou indirects.

L'une des façons de conduire les recherches, c'est de prendre un point d'entrée et d'en déduire les autres. Par exemple le point d'entrée EDP est celui choisi dans le Programme International Géosphère Biosphère (PIGB). Le risque est alors de privilégier une entrée, c'est-à-dire d'orienter la recherche, les résultats et les conséquences qu'on en tire, en fonction de cette entrée et, de ce fait, soit d'ignorer les autres, soit de concevoir leur étude uniquement en fonction de celle-ci.

Le problème central est donc de savoir choisir une question précise tout en ne perdant jamais de vue la problématique d'ensemble dans laquelle elle prend son sens et doit être considérée et constamment replacée.

### Réussir les intégrations d'espace et de temps

Le niveau planétaire occupe, on l'a vu, une place centrale dans le processus d'unification des recherches sur l'environnement. C'est bien ainsi que l'on peut interpréter le fait qu'au niveau international, le terme de "changement global" (*global change*) a progressivement remplacé celui d'"environnement" dans le langage de la communauté scientifique. Ce changement de vocabulaire, qui ne change rien sur le fond par rapport à tous les développements qui précèdent, a le mérite de poser clairement la question – que nous avons déjà évoquée ci-dessus – des niveaux d'analyse pertinents pour les problèmes d'environnement. Cette question est fondamentale pour l'avenir des recherches sur l'environnement. Elle est à la base de malentendus entre les trois grands domaines de la connaissance concernés : les sciences de l'Univers, les sciences de la vie, les sciences de la société. Des évolutions très rapides la mettant en cause se produisent dans les démarches de recherche, sans que l'effort de théorisation, là aussi, suive toujours le pragmatisme courant. Or elle repose souvent sur un vocabulaire confus ou, au moins, très insuffisamment explicite.

Sans prétendre le moins du monde traiter ici l'ensemble de cette question, qui exi-

gerait de fort longs développements, on peut, à titre d'exemple, évoquer le concept de niveau d'organisation tel qu'il est utilisé par les sciences de la vie. On pourrait s'interroger sur l'intérêt de ce concept pour les recherches interdisciplinaires sur l'environnement et notamment sur la possibilité de l'appliquer à d'autres domaines.

Dans le domaine des sciences de la vie, il résulte du fait, observé, de l'organisation des systèmes vivants, qui conduit à des entités clairement identifiables (molécules, macromolécules, cellules, organismes, populations, communautés, écosystèmes...). Chaque niveau correspond à une collection d'entités, de systèmes, d'unités fonctionnelles, imbriquées dont l'élément le plus "fin", l'individu, est l'entité du niveau inférieur (par exemple, l'organisme pour une population) ; il peut cependant y avoir des unités fonctionnelles intermédiaires (par exemple des groupes d'individus pour une population). L'une des grandes difficultés est précisément la définition de telles unités fonctionnelles, en particulier lorsque leurs délimitations spatiales ne sont pas évidentes.

Certaines propriétés peuvent être expliquées directement par la structure et le comportement d'objets de niveaux inférieurs (par exemple certaines propriétés phénotypiques, c'est-à-dire qui s'expriment au niveau de l'organisme, sont la conséquence directe de la structure d'un gène et de son expression). Par ailleurs, à chaque niveau émergent des propriétés, des concepts nouveaux qui n'ont pas de sens aux niveaux inférieurs (par exemple, l'autoréplication des macromolécules pour une molécule chimique, la division des cellules pour une macromolécule, la reproduction sexuée des organismes pour les entités de niveaux inférieurs...) : un ensemble d'éléments du monde vivant n'est pas une simple collection statistique de ces éléments dans la mesure où il existe des interactions fortes, soit entre eux, soit entre les différents niveaux d'organisation (par exemple, entre gènes et populations)<sup>11</sup>.

Tout ceci pose le double problème de l'identification des niveaux d'organisation, d'une part et, d'autre part, des relations entre niveaux.



En termes de recherche, ceci se traduit par le choix des échelles auxquelles on doit se situer pour réaliser ses observations ou encore, par la définition des unités fonctionnelles pertinentes en fonction des phénomènes que l'on désire observer. Ce choix renvoie bien évidemment à des découpages spatiaux concrets, mais il suppose également l'identification des séquences temporelles permettant de saisir les processus à l'oeuvre. Ceci veut dire qu'il faut se situer dans un contexte spatio-temporel : un lien étroit est donc à établir entre espace et temps<sup>11</sup>. Enfin le découpage spatial n'est pas forcément statique, en particulier pour les unités fonctionnelles qui évoluent rapidement dans l'espace (cas des populations migratrices, des matières transportées). L'ajustement des échelles d'observation spatio-temporelles est donc délicat et ce d'autant plus qu'on a affaire à des emboîtements multiples.

La référence privilégiée au niveau planétaire risque ainsi d'être très réductrice si elle se transforme en règle selon laquelle toute question doit être ramenée à ce seul niveau ou procéder de lui seul. Ceci revient soit à dénier toute existence ou toute pertinence à d'autres niveaux, soit purement et simplement à les assujettir tous au niveau supérieur dans un schéma hiérarchisé descendant. Cette façon de voir souffre à l'évidence de son caractère réducteur qui conduit à occulter toute la complexité des interactions entre les différents niveaux d'intégration au sein de l'écosphère ; vouloir saisir cette complexité nécessite au contraire de tenir compte tout à la fois des processus en cause, des espaces dans lesquels ils se déroulent et des temps qui les rythment. Elle peut en outre aisément prendre un caractère purement normatif, pour peu que la dominance du niveau supérieur soit elle-même assortie d'une norme ; la dérive idéologique est alors immédiate puisque la démarche fait appel à une notion d'ordre ; elle est placée sous le signe d'un ordre à respecter : de l'"ordre écologique" qui fait loi, on passe nécessairement à l'"ordre social" qu'il faut établir pour qu'il règne. C'est là aussi ignorer la complexité des médiations entre l'écosphère et les systèmes sociaux, en particulier oublier que les questions soulevées par les références

à l'environnement entrent dans le champ d'enjeux sociaux multiples (la répartition des richesses, le sous-développement, les questions de sécurité et de défense, le régime politique, etc.) dont dépendent largement les réponses qui leur seront données. Là aussi on a affaire à des processus complexes liés à la nature des enjeux, aux rapports de pouvoir qu'ils mettent en branle, aux espaces qu'ils concernent et au temps qu'il faut pour que les contradictions sociales accouchent d'un compromis, étape provisoire en préparant elle-même une autre.

On peut conclure de ces premiers développements que, tout en se situant dans le cadre planétaire qui leur donne leur ultime raison, les recherches sur l'environnement doivent se donner comme objectif de rendre compte de l'extrême diversité des cas de figure, en l'occurrence des niveaux d'organisation et des échelles d'espace et de temps différentes que les questions elles-mêmes fort diverses qu'elles ont à traiter produisent.

### **Maîtriser l'interdisciplinarité**

On peut soutenir – cela a été fait – que les questions posées à la recherche à propos de l'environnement renvoient à des problèmes déjà largement abordés par les disciplines auxquelles on fait appel, autrement dit que la référence à l'"environnement" n'est qu'une autre façon de désigner des thèmes et des objets de recherche déjà identifiés et étudiés. L'environnement apparaît alors soit comme un simple domaine d'application de connaissances déjà acquises, soit au mieux comme une opportunité nouvelle pour accroître l'effort de recherche sur des questions déjà jugées fondamentales et prioritaires au sein des champs de recherche disciplinaires et pré-existants.

Dans cette perspective, les disciplines sont vues soit comme des prestataires de services (ce qui peut susciter des réticences compréhensibles chez les chercheurs), soit au contraire comme les seuls maîtres-d'oeuvre légitimes d'une recherche sur l'environnement : on considère que c'est à elles seules, en s'appuyant sur leur démarche de recherche propre, qu'il revient d'énoncer les problématiques scientifiques pertinentes pour aborder

11. L'une des meilleures présentations de la notion de niveau d'organisation et des propriétés qui émergent à chacun de ces niveaux peut se trouver dans le célèbre ouvrage de F. Jacob (1970). *La logique du vivant*, Gallimard.

12. On sait qu'il existe une certaine corrélation entre espace et temps, les unités de grande dimension spatiale ayant souvent des constantes de temps plus élevées que des unités plus petites (ainsi les interactions moléculaires mettent en œuvre des échelles de temps très inférieures à la seconde, la synthèse de protéines demande quelques minutes, une bactérie telle *E. Coli* peut avoir un temps de génération de l'ordre de 20 mn, en revanche pour l'homme elle est de l'ordre de 25 ans). Ceci n'est pas absolu et peut par exemple dépendre de la nature de ce que l'on observe ; ainsi une molécule de polyéthylène peut avoir une durée de vie plus longue qu'un grand système écologique.



de façon rigoureuse les questions soulevées en référence à l'environnement.

Cette façon de voir s'appuie sur des arguments qui méritent tout à fait d'être pris en considération : les problèmes qualifiés de problèmes d'environnement mettent en jeu des processus biologiques, physiques ou chimiques qui ne sont évidemment pas totalement inconnus des biologistes, des écologues, des physiciens, des hydrologues, des chimistes, etc. ! Ils renvoient à des problèmes économiques et sociaux dans l'analyse desquels les différentes sciences de l'homme et de la société ont acquis un savoir-faire certain. Ils ont donc pour le moins à être formulés dans un langage adéquat ; ceci suppose effectivement tout un travail de réappropriation sémantique et pratique de ces questions par les différentes communautés scientifiques concernées.

De ce point de vue, les disciplines peuvent apporter aux recherches sur l'environnement les connaissances qu'elles ont acquises, ainsi que des techniques et des méthodes éprouvées, le tout bien sûr "sous bénéfice d'inventaire".

Tout ceci justifie l'affirmation du rôle privilégié des différentes disciplines dans l'élaboration et la formulation des problématiques scientifiques concernant l'environnement. Le problème fondamental posé ici est celui de savoir comment concilier cette exigence réelle avec l'obligation, qui n'est pas moins fondée, de respecter l'originalité, comme on l'a vu ci-dessus, des questions soulevées par les problèmes d'environnement, qu'elle soit thématique, méthodologique ou théorique. Vouloir ramener les questions d'environnement à des problèmes, à des méthodes, à des démarches connues est faire l'hypothèse, historiquement et épistémologiquement indéfendable, que les connaissances acquises dans une discipline sont indépendantes des objectifs poursuivis. On doit donc admettre que si le point de vue auquel on se place, lorsque l'on aborde les problèmes d'environnement, est nouveau par rapport à ceux, éventuellement successifs, qui ont contribué à donner leurs fondements aux différentes disciplines concernées, à définir leurs champs de compétence respectifs et leurs orientations de recherche

privilegiées, ainsi qu'à les doter de leurs savoir-faire propres, alors celles-ci doivent innover dans leurs démarches pour répondre aux questions posées à partir de ce nouveau point de vue.

Il convient d'insister sur ce point pour préciser où est l'interdisciplinarité et ce qu'il faut entendre par là. En effet, si l'originalité de la démarche résulte, comme on vient de le dire et comme on pense l'avoir montré dans la seconde partie, d'un point de vue particulier, c'est le champ des recherches sur l'environnement dans son ensemble qui se trouve caractérisé. Ceci signifie que non seulement toutes les disciplines en cause ont à se définir par rapport à ce point de vue – ce que chacune fera avec son génie propre –, mais encore que, ce point de vue leur étant commun, les ajustements que chacune d'elle a à faire sont, d'une façon ou d'une autre, liés à ceux des autres. Autrement dit, même si chacune le fait à sa façon, toutes ont à converger les unes vers les autres à l'intérieur d'une problématique commune : celle qui dérive du point de vue commun. On a donc bien affaire dans ce cas là à un champ de recherche propre. Définir un champ de recherche commun de façon suffisamment précise pour que chaque discipline s'y situe par rapport aux autres dans une entreprise collective visant à répondre aux mêmes

questions est déjà permettre l'interdisciplinarité.

Ceci n'enlève rien à la pertinence des arguments sur le rôle des disciplines, sur l'utilisation des connaissances et des compétences déjà acquises par chacune d'elles. Cela conduit simplement à situer en fait ce travail d'analyse, centré sur les disciplines, dans un cadre plus vaste. Ce cadre est structuré par un triple jeu de tensions : entre chacune des disciplines et le point de vue commun, entre les différentes disciplines par rapport à ce point de vue commun et enfin entre ce point de vue commun et l'ensemble des processus de recomposition qu'il provoque et qui conduit en permanence à son réexamen et à sa redéfinition (cf. figure 2). Ces tensions jouent un rôle à la fois intégrateur et dynamique dotant ainsi le champ des recherches sur l'environnement d'un principe de créativité interne – et le constituant donc en tant que véritable champ de recherche spécifique.

Nombreuses sont les disciplines et les spécialités qui sont appelées à concourir aux recherches sur l'environnement. Autant de disciplines et de spécialités concernées, autant de cas de figure. Les problèmes d'environnement peuvent agir sur les disciplines, soit par une cristallisation des orientations et des thé-

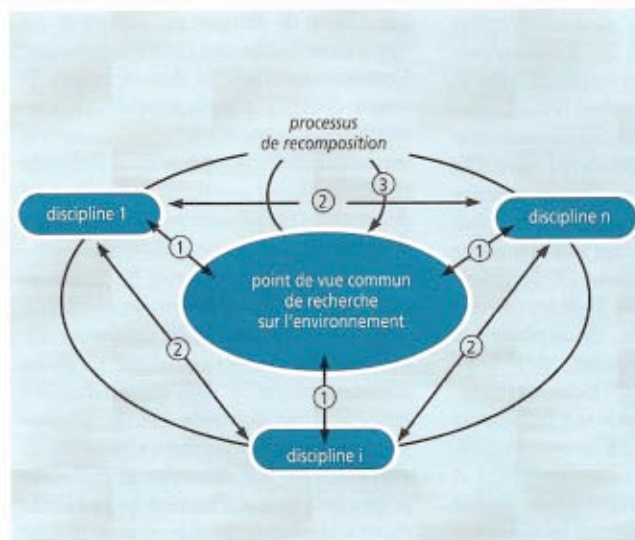


Figure 2 - Le cadre de travail des recherches sur l'environnement résulte d'un triple jeu de tension : (1) entre disciplines et le point de vue commun, (2) entre les disciplines par rapport au point de vue commun, (3) entre le point de vue commun et les processus qui mènent à son réexamen et à sa redéfinition.

matiques de recherche déjà existantes, soit par la modification des hiérarchies entre les priorités, soit enfin par la constitution de nouvelles spécialités. L'ensemble des impulsions ainsi données à la recherche et de leurs effets concrets sur les recherches en cours dans les différentes disciplines est le premier indice de l'existence d'un champ de recherche sur l'environnement dans la mesure où il met en évidence des questions et des thèmes de recherches communs. Cette communauté de problèmes constitue ce qu'on peut appeler le premier degré de l'interdisciplinarité, à condition qu'elle soit explicitée et connue de tous ceux qui ont à la partager dans leurs démarches de recherche.

Alors que dans une première étape chaque discipline élabore une problématique qui lui est spécifique à travers l'optique qui lui est familière, les recherches sur l'environnement peuvent aussi agir en retour sur les disciplines par la rétrodiffusion d'un nouveau questionnement provenant des problèmes communs. On passe alors progressivement au deuxième degré de l'interdisciplinarité, à savoir le travail en commun – et donc la confrontation – entre les disciplines, avec tout ce que ceci peut supposer de difficultés de compréhension et de problèmes méthodologiques éventuels.

### **Développer la modélisation**

Nous avons vu qu'un certain nombre de problèmes méthodologiques fondamentaux concernant l'environnement sont à résoudre (notion de complexité et son traitement, diversité des composantes impliquant une approche interdisciplinaire, non-linéarités, multiplicité des causes et des effets...). La modélisation apparaît précisément comme le démarche par excellence, conçue pour prendre en charge et traiter ces problèmes. Mais pour pouvoir apprécier quelle peut être sa contribution (de ce point de vue), il est bon d'abord de rappeler ce qu'on entend aujourd'hui par modélisation, quel est son statut scientifique notamment dans un contexte interdisciplinaire où des conceptions différentes peuvent émerger, mais où elle peut

aussi jouer un rôle fédérateur ; ensuite de reformuler quelques questions, sans prétendre encore une fois à l'exhaustivité, avec leur traduction en terme de modélisation et enfin, en reprenant l'idée fédératrice du modèle et de la modélisation d'examiner leur possible contribution à une élaboration théorique des problèmes d'environnement.

### **Le statut méthodologique de la modélisation**

La modélisation, à savoir la construction, l'étude et l'utilisation de modèles, principalement de modèles mathématiques, a acquis un statut de méthode<sup>13</sup>. Ce statut est récent.<sup>14</sup>

D'une certaine façon, cette élaboration méthodologique s'est réalisée indépendamment des développements "classiques" faits dans les sciences physiques (même s'il y eut ponctuellement des convergences). En effet, il apparaît clairement des secteurs scientifiques où l'utilisation du langage mathématique se fonde dans la tradition du discours scientifique (c'est le cas de beaucoup des domaines de la physique) et des secteurs où cette introduction est plus récente, en partie parce que les problèmes posés sont d'une nature nouvelle (par exemple, traiter des systèmes structurés, organisés, des systèmes "bruités"...). Les automaticiens, les économètres, les biométriciens et les informaticiens ont largement contribué à l'émergence de cette méthode<sup>15</sup>. Ceci a conduit à des pratiques différentes, puis au développement de démarches et d'outils spécifiques. Si bien que la modélisation tend à devenir une spécialité. Certaines de ces démarches et certains de ces outils peuvent néanmoins être repris par d'autres secteurs scientifiques. Enfin, très liée à l'analyse systémique, la modélisation a largement contribué à rendre celle-ci opérationnelle et efficace.

Largement admise, la modélisation présente aujourd'hui plusieurs facettes, notamment :

■ l'utilisation du modèle comme élément du langage et de la réflexion scienti-

13. « Avec la pratique des modèles, se manifestent, en effet, certaines des conditions les plus actuelles de la construction du savoir : elle fait apparaître les voies de la recherche et de la codification des résultats, elle met en lumière le rôle principal des figures et des signes dans l'institution de la connaissance ». Extrait de : N. Mouloud. Les modèles, *Encycl. Univers.*, éd. 1980. On pourra également consulter : Legay J.-M. (1973). La méthode des modèles, état actuel de la méthode expérimentale. *Informatique et Biosphère*, Paris.

14. Si le mot "modèle", dans l'acception scientifique que nous lui donnons aujourd'hui, est passé dans le langage courant depuis de nombreuses années, en revanche le terme "modélisation" n'a pas encore atteint ce statut (par exemple, il n'apparaît pas dans l'édition 1990 du *Petit Robert*).

15. Cf. par exemple : Pavé A. (1989). Biométrie, Modélisation et Intelligence Artificielle, *Communication, Cognition and Artificial Intelligence*, 6, 2/3, 153-176.



fiques, objet et outil de la pensée conceptuelle ;

- l'extension de la notion de modèles à d'autres représentations que mathématiques ou numériques (formalismes des bases de données, de l'intelligence artificielle, des divers modes de représentation comme les cartes thématiques, les langages en "boîtes et flèches" des modèles à compartiment ou des diagrammes de Forrester...);

- l'intégration du modèle à l'approche expérimentale, c'est-à-dire la mise en œuvre d'une dialectique modèle-expérience ;

- l'approche spéculative, à savoir l'analyse des propriétés d'objets formels, le plus souvent mathématiques et l'interprétation de celles-ci comme comportements possibles d'objets réels. Il s'agit alors d'une approche analogique, le modèle sert de paradigme ;

- l'utilisation de modèles pour définir des actions régulatrices (contrôles)<sup>16</sup>.

Enfin, l'informatique facilite l'élaboration, l'étude et l'utilisation de modèles. Elle a largement contribué à la mise en œuvre de modèles de plus en plus compliqués en particulier grâce aux "Super ordinateurs". Elle a permis de populariser la méthode et aussi d'augmenter, par un effet en retour, la culture, notamment mathématique, du plus grand nombre. Néanmoins, et bien que les résultats soient déjà impressionnants, il reste encore beaucoup à faire dans le domaine de l'intégration des outils, méthodes et démarches au niveau informatique, question qui relève essentiellement du développement de nouveaux logiciels.

### Les contributions possibles dans les recherches sur l'environnement

Si l'on admet le statut scientifique et épistémologique du modèle et de la modélisation tel que nous l'avons exprimé ci-dessus, il est clair que ces objets et démarches doivent être des éléments clés des recherches sur l'environnement. Il faut aussi qu'il soit bien entendu que si le modèle, la modélisation,

peuvent être des médiateurs dans les approches interdisciplinaires, ils peuvent aussi être objets de tensions dans la mesure où, comme nous l'avons souligné, des pratiques différentes peuvent être identifiées suivant les secteurs scientifiques.

Ceci étant dit, on peut repérer certains progrès méthodologiques à faire par rapport aux problèmes fondamentaux énoncés précédemment. Ainsi il y a lieu :

- d'abord de préciser les relations entre modèles, expérimentation, observation et instrumentation ;

- de préciser les démarches et outils à utiliser pour la construction et l'élaboration de modèles ;

- de bien définir les liens entre modèles et les concepts de niveau d'organisation, d'échelle et d'intégration temporelle et spatiale ;

- d'étudier l'extension de la notion et de la pratique des modèles à d'autres formalismes que celui des mathématiques ;

- d'envisager les conséquences de ce qu'on appelle "non linéarité" des phénomènes. En effet, de nombreux phénomènes naturels, ou non, semblent avoir des comportements analogues à ceux de ces objets mathématiques dits non-linéaires. D'où, d'une part, l'extension de l'emploi du terme et, d'autre part, la prise de conscience que des actions apparemment minimes peuvent avoir des conséquences considérables. Si certaines évolutions de notre environnement, par exemple du climat, sont gouvernées par de tels phénomènes non-linéaires, alors l'hypothèse de transitions brutales n'est pas *a priori* à écarter. Cette possibilité doit absolument être prise en compte dans l'évaluation des risques et dans la définition et la mise en œuvre d'actions qui préservent le fonctionnement du système, ou anticipent sur un fonctionnement vers un nouvel état stationnaire. On peut aussi se poser la question de la prévision de tels "risques" : il est facile de montrer, dans le cas de modèles simples, que l'approche d'une telle

singularité peut s'accompagner d'une augmentation de la variabilité des phénomènes (par exemple, une augmentation de la variabilité climatique, au moins à une certaine échelle qui doit être précisée, ne préfigurerait-elle pas une transition brutale ?).

Pour répondre à ces questions, il faut d'abord s'appuyer sur l'existant au niveau des disciplines : sur leurs méthodes, sur leurs modèles mais aussi sur leurs théories. Il faut le faire non seulement sur les disciplines qui sont aujourd'hui impliquées, mais également sur d'autres, comme les mathématiques, qui peuvent beaucoup apporter. Inversement, les recherches sur l'environnement, en fournissant des problématiques nouvelles, peuvent contribuer aux développements méthodologiques et théoriques de ces disciplines et c'est sans doute la condition nécessaire d'une implication durable de leurs chercheurs.

### Vers une approche théorique ?

Sans avoir l'ambition, sans doute démesurée, de tendre vers une théorie "globale" de l'environnement, pour faire face à une explosion du nombre de cas à étudier, il est nécessaire d'adopter le principe d'une réflexion conceptuelle, d'une démarche théorique, qui permette de s'appuyer sur la dialectique "théorie-expérience". La modélisation peut-elle être une démarche utile vers la théorisation ?

Il y a d'abord lieu de préciser qu'un modèle n'est pas une théorie et qu'une théorie n'implique pas forcément une modélisation, au moins une modélisation mathématique. Cependant, la construction de modèles peut être un moyen efficace d'élaboration d'un corps théorique, fondement de toute démarche scientifique. Le modèle est l'objet "concret" par où passe la confrontation "théorie-expérience".

La difficulté essentielle réside dans la nature nécessairement interdisciplinaire des recherches : comment synthétiser les résultats, ajuster les vocabulaires, élaborer des schémas non-contradictaires avec les théories propres aux disciplines ? En dépit des problèmes que nous avons soulevés tenant à la fois aux divers

statuts du modèle dans les différentes disciplines et aux pratiques qu'induisent ces statuts, la modélisation peut faciliter le dialogue interdisciplinaire.

Il semble raisonnable de penser que c'est par cet intermédiaire que pourra s'esquisser une approche théorique de l'environnement.

On peut, par exemple, penser à des modèles globaux qui devraient faire intervenir non seulement ceux de la physique et de la chimie de l'atmosphère, des océans et des continents, mais également des modèles d'évolution des écosystèmes terrestres et aquatiques, puis des modèles décrivant l'activité et l'action des sociétés humaines<sup>17</sup>. Notons, à des échelles plus petites, que des modèles couplant les aspects physiques et chimiques de l'environnement avec des composantes biologiques et humaines, sont déjà dans la pratique de certains laboratoires.

### Modélisation et instrumentation

Modéliser, suivre, comprendre, voire contrôler notre environnement nécessite de disposer de données expérimentales pertinentes, de qualité et bien organisées. Une grande partie des progrès scientifiques ont été assurés par des avancées technologiques permettant une meilleure précision dans les mesures, l'observation de nouvelles variables ou encore l'accès à de nouvelles échelles. Les recherches sur l'environnement n'échappent pas à cette logique. Dans l'état actuel de l'art, trois questions se posent avec acuité :

- La première est liée à la très grande dimension de l'espace des variables et des paramètres. Comment échantillonner les mesures dans le temps et dans l'espace ? Quelles sont les mesures "pertinentes" et comment y accéder ? Quelle est la signification de mesures "synthétiques" (comme celles obtenues en télédétection) ? Autant de questions qui relèvent non seulement d'une métrologie classique (amélioration des capteurs, mise au point de capteurs nouveaux), mais surtout d'une nouvelle approche multidimensionnelle de l'instrumentation.

- La seconde concerne les dispositifs expérimentaux "permanents" (exemples des bassins versants ou des placettes forestières).

- La troisième est liée au problème de la mesure elle-même : les variables ou paramètres de l'environnement sont-ils tous réductibles à un nombre ? Comment traiter du qualitatif ?

En aval de la donnée se pose le problème de son utilisation et donc celui des "bases de données et des bases de connaissances" permettant de manipuler des données et des objets d'origines diverses et en très grand nombre.

### Les exigences de l'action

Comme nous l'avons vu, la question de l'environnement prend son origine dans l'idée de danger ou de menace sur le cadre de vie, sur la santé, sur les rapports sociaux et plus généralement sur les conditions de développement des sociétés humaines, voire de survie de l'homme sur la planète. L'action de l'homme lui-même est mise en cause dans les processus de dégradation de l'environnement (pollutions, surexploitation des milieux, aménagements mal conçus, urbanisation mal contrôlée...)<sup>18</sup>. Or, la fonction première de la recherche sur l'environnement est de :

- détecter, énoncer et problématiser les questions nouvelles ;

- constituer le corpus de connaissances permettant de mieux comprendre les facteurs et les mécanismes d'évolution de l'écosphère ;

- dans ce champ, proposer des actions permettant de concevoir un développement des sociétés humaines qui maintienne l'environnement dans un état acceptable ;

- évaluer constamment les conséquences de ces actions pour vérifier leur bonne adéquation aux objectifs de développement qui ont été définis, revoir ces actions en fonction de la révision des objectifs et des données nouvelles établies par la recherche.

Il est maintenant admis qu'en dépit des incertitudes nombreuses qui demeurent en

16. Ainsi J.-L. Lions propose les trois termes de ce qu'il appelle "l'Outil Universel", à savoir : Modélisation, Analyse (du modèle), Contrôle (J.-L. Lions, *El Planeta Tierra, el papel de las matemáticas y de los super ordenadores*, Instituto de España, 1990).

17. L'idée de "modèle communautaire", actuellement débattue dans la communauté scientifique française s'intéressant à l'évolution climatique, va dans ce sens. On pourra consulter : "L'évolution du climat et de l'environnement global : le modèle communautaire français". Météo France, les Universités et le CNRS. Rapport rédigé par Carliolle D., février 1991.

18. En outre, des problèmes nouveaux ont été posés pour assurer la survie d'équipes et d'équipages dans des milieux extrêmes (espace circumterrestre, fond des mers, zones polaires...). Il s'agit de créer des "systèmes de support de la vie" (*Life Support Systems*), thématique qui s'exprime maintenant en termes d'environnements artificiels, incluant non seulement des systèmes technologiques "classiques", mais aussi des systèmes biologiques et écologiques. Cette thématique est source de progrès pour la recherche, en particulier parce qu'elle inclut une forte approche expérimentale et de modélisation dans le domaine de l'environnement.



statuts du modèle dans les différentes disciplines et aux pratiques qu'induisent ces statuts, la modélisation peut faciliter le dialogue interdisciplinaire.

Il semble raisonnable de penser que c'est par cet intermédiaire que pourra s'esquisser une approche théorique de l'environnement.

On peut, par exemple, penser à des modèles globaux qui devraient faire intervenir non seulement ceux de la physique et de la chimie de l'atmosphère, des océans et des continents, mais également des modèles d'évolution des écosystèmes terrestres et aquatiques, puis des modèles décrivant l'activité et l'action des sociétés humaines<sup>17</sup>. Notons, à des échelles plus petites, que des modèles couplant les aspects physiques et chimiques de l'environnement avec des composantes biologiques et humaines, sont déjà dans la pratique de certains laboratoires.

### Modélisation et instrumentation

Modéliser, suivre, comprendre, voire contrôler notre environnement nécessite de disposer de données expérimentales pertinentes, de qualité et bien organisées. Une grande partie des progrès scientifiques ont été assurés par des avancées technologiques permettant une meilleure précision dans les mesures, l'observation de nouvelles variables ou encore l'accès à de nouvelles échelles. Les recherches sur l'environnement n'échappent pas à cette logique. Dans l'état actuel de l'art, trois questions se posent avec acuité :

■ La première est liée à la très grande dimension de l'espace des variables et des paramètres. Comment échantillonner les mesures dans le temps et dans l'espace ? Quelles sont les mesures "pertinentes" et comment y accéder ? Quelle est la signification de mesures "synthétiques" (comme celles obtenues en télédétection) ? Autant de questions qui relèvent non seulement d'une métrologie classique (amélioration des capteurs, mise au point de capteurs nouveaux), mais surtout d'une nouvelle approche multidimensionnelle de l'instrumentation.

■ La seconde concerne les dispositifs expérimentaux "permanents" (exemples des bassins versants ou des placettes forestières).

■ La troisième est liée au problème de la mesure elle-même : les variables ou paramètres de l'environnement sont-ils tous réductibles à un nombre ? Comment traiter du qualitatif ?

En aval de la donnée se pose le problème de son utilisation et donc celui des "bases de données et des bases de connaissances" permettant de manipuler des données et des objets d'origines diverses et en très grand nombre.

### Les exigences de l'action

Comme nous l'avons vu, la question de l'environnement prend son origine dans l'idée de danger ou de menace sur le cadre de vie, sur la santé, sur les rapports sociaux et plus généralement sur les conditions de développement des sociétés humaines, voire de survie de l'homme sur la planète. L'action de l'homme lui-même est mise en cause dans les processus de dégradation de l'environnement (pollutions, surexploitation des milieux, aménagements mal conçus, urbanisation mal contrôlée...)<sup>18</sup>. Or, la fonction première de la recherche sur l'environnement est de :

■ détecter, énoncer et problématiser les questions nouvelles ;

■ constituer le corpus de connaissances permettant de mieux comprendre les facteurs et les mécanismes d'évolution de l'écosphère ;

■ dans ce champ, proposer des actions permettant de concevoir un développement des sociétés humaines qui maintienne l'environnement dans un état acceptable ;

■ évaluer constamment les conséquences de ces actions pour vérifier leur bonne adéquation aux objectifs de développement qui ont été définis, revoir ces actions en fonction de la révision des objectifs et des données nouvelles établies par la recherche.

Il est maintenant admis qu'en dépit des incertitudes nombreuses qui demeurent en

16. Ainsi J.-L. Lions propose les trois termes de ce qu'il appelle "l'Outil Universel", à savoir : Modélisation, Analyse (du modèle), Contrôle (J.-L. Lions, *El Planeta Tierra, el papel de las matemáticas y de los super ordenadores*, Instituto de España, 1990).

17. L'idée de "modèle communautaire", actuellement débattue dans la communauté scientifique française s'intéressant à l'évolution climatique, va dans ce sens. On pourra consulter : "L'évolution du climat et de l'environnement global : le modèle communautaire français". Météo France, les Universités et le CNRS. Rapport rédigé par Carliolle D., février 1991.

18. En outre, des problèmes nouveaux ont été posés pour assurer la survie d'équipes et d'équipages dans des milieux extrêmes (espace circumterrestre, fond des mers, zones polaires...). Il s'agit de créer des "systèmes de support de la vie" (*Life Support Systems*), thématique qui s'exprime maintenant en termes d'environnements artificiels, incluant non seulement des systèmes technologiques "classiques", mais aussi des systèmes biologiques et écologiques. Cette thématique est source de progrès pour la recherche, en particulier parce qu'elle inclut une forte approche expérimentale et de modélisation dans le domaine de l'environnement.

ce domaine, il est nécessaire d'intervenir sans plus tarder sur les activités économiques et plus largement même sur le développement des sociétés humaines. Ces interventions passent d'ores et déjà – et passeront de plus en plus – par des voies techniques et politiques qui ont pour objectif de limiter les effets nuisibles des techniques ou des comportements sociaux, voire de promouvoir des techniques ou des comportements radicalement nouveaux. Compte tenu des étroites relations entre les techniques, l'économie et les modes de vie, c'est tout le problème de la place des techniques dans la société, mais aussi de la prise en charge, dans les comportements sociaux, des contraintes ou des opportunités nouvelles liées à l'environnement qui est posé. Donc, tant pour leur conception que pour le suivi de leurs effets et leurs mises au point successives, toutes ces innovations techniques et sociales nécessiteront de plus en plus un ensemble de connaissances fondamentales répondant de façon stricte aux exigences environnementales telles précisément qu'on les a caractérisées ci-dessus.

Ainsi l'action exigera des connaissances, mais sera en même temps, à travers toute une série d'expériences en vraie grandeur, une précieuse source de connaissances.

Une fonction toute particulière de la recherche scientifique sur l'environnement est d'améliorer les connaissances fondamentales pour répondre à la demande sociale d'une réduction des incertitudes. Ceci suppose non seulement une capacité plus grande d'apprécier les risques encourus et d'anticiper sur l'avenir, mais aussi de préciser les limites des

possibilités d'intervention dans des systèmes qui ne sont probablement et au mieux que très partiellement "contrôlables".

On rejoint là la question centrale évoquée ci-dessus, à savoir celle des interactions entre les évolutions de l'écosphère d'une part et des sociétés humaines d'autre part, tout en sachant bien qu'il y a quelque part une sorte d'auto-référence conduisant à des bouclages multiples qu'il y a lieu de détecter et de contrôler.

## CONCLUSION

Que ce soit sur le plan des thématiques, sur celui des problématiques ou sur celui des méthodes et des démarches de recherche, les problèmes posés à propos de l'environnement offrent de multiples opportunités à des renouvellements et à des innovations. Ils exigent, pour être traités dans leurs dimensions propres, c'est-à-dire en fin de compte de façon rigoureuse, une mobilisation convergente de multiples disciplines et spécialités : la recherche sur l'environnement sera interdisciplinaire ou ne sera pas. Cette nécessaire conjonction entre, d'une part, une multiplicité d'approches précises, procédant de points de vue et d'entrées différentes, utilisant des méthodes spécifiques et, d'autre part, une focalisation partagée sur des questions communes, est la difficulté majeure. De la rapidité avec laquelle on saura la surmonter dépendra l'efficacité de l'ensemble des recherches consacrées à ce domaine, c'est-à-dire non pas

la quantité des connaissances accumulées, mais d'abord leur pertinence par rapport aux questions posées et aux solutions à apporter. C'est pourquoi il est indispensable de créer sans tarder les conditions d'une réflexion itérative allant constamment de l'ensemble au détail, du "local" au "global", du "particulier" au "général", de la "connaissance" à l'"action" et inversement. Ceci doit passer par un effort constant et constamment renouvelé de programmation globale de la recherche. Ce texte est conçu dans ce sens : son but est de contribuer à faire partager, pour les discuter, les repères fondateurs communs. ■



PIERRE CALAME

OLIVIER DOLLFUS

M. Jollivet et A. Pavé ont tenté de donner une vue d'ensemble des recherches sur l'environnement.

Leur mérite n'est pas mince tant il est difficile de recenser les domaines d'investigation et d'élaborer des priorités et des mises en relation dans ce vaste champ, souvent confus, de l'environnement. Et pourtant le texte m'en apprend plus sur la recherche et les chercheurs que sur l'environnement. Voilà pour quoi.

Le Groupe de Vézelay, dont je suis membre, réfléchit depuis 1986 aux risques technologiques majeurs. Il lui est très apparu que la donnée véritablement nouvelle de l'époque se résumait en une phrase : les activités de l'homme ont radicalement changé de dimension, elles sont maintenant en mesure de transformer profondément – voire de détruire – les conditions mêmes de la vie sur la terre.

Dès lors la "crise de l'environnement", comme toute crise, sert de révélateur. Et que révèle-t-elle, en l'occurrence ? Que les faits et les techniques ont évolué plus vite que les idéologies et les concepts développés au cours des siècles pour les analyser et les construire, bien plus vite que les institutions bâties pour assurer les régulations de la vie en société. Devant la dimension planétaire des problèmes, "l'État

Nation" est dépassé comme l'a montré la grand-messe sans liturgie, sans symbole, sans profession de foi commune et sans communication de la conférence de Rio. Mais l'État n'est pas le seul à ne pas sortir indemne de l'exercice. Qu'en est-il de la manière de faire la science, des institutions de production de la recherche scientifique, de l'idéologie des chercheurs ? Le texte qui nous est proposé ici fait l'économie de cette interrogation. À ce titre, il est plus une expression de l'état de la recherche "institutionnelle" française qu'un programme de recherche sur l'environnement.

Première obsession, bien significative : être reconnu comme scientifique. Le mot revient à tous les alinéas du texte. Quoiqu'écrit avant l'appel de Heidelberg, on y sent déjà combien les auteurs doivent se dédouaner d'avance du soupçon d'hérésie. Avant de s'interroger sur les grands problèmes de l'humanité (je devrais dire : surtout s'il faut s'interroger sur les grands problèmes de l'humanité), il faut montrer patte blanche. Cet acharnement à se proclamer scientifique sent décidément le fagot ! Et j'en tire pour ma part le sentiment que s'il faut, pour travailler de manière rigoureuse sur les grands problèmes de l'humanité, donner à toute ligne des garanties d'orthodoxie scientifique, c'est que,

## LE GROUPE DE VÉZELAY

Notre monde est dominé par une distorsion croissante entre le renforcement des moyens et le déficit de sens. Le refus de cette distorsion est à l'origine de la constitution en 1986 du Groupe de Vézelay. Dès 1986, le Groupe de Vézelay engage une réflexion sur les risques planétaires liés aux conséquences des activités humaines sur l'atmosphère et au développement des biotechnologies et du nucléaire civil.

Rédigée en octobre 1987, la déclaration du Groupe de Vézelay analyse les racines économiques, techniques, philosophiques et politiques de la situation.

En mars 1988, le Groupe lance, avec diverses personnalités, l'appel pour des États Généraux de la Planète, par référence à la dynamique plu-

raliste et convergente qui, il y a deux siècles en France, permit de jeter les bases d'une nouvelle société. L'idée directrice est que l'humanité a besoin de références, de valeurs et de règles pour surmonter les nouveaux défis.

Depuis 1988, le Groupe de Vézelay s'attache à approfondir l'analyse et les propositions, en associant trois approches : une approche géo-culturelle pour mettre en valeur la diversité des situations des cultures et des histoires ; une approche collégiale pour mettre en valeur la diversité des points de vue ; une approche sectorielle pour mobiliser les compétences autour de l'élaboration de propositions dans des domaines aussi divers que la technologie ou la fiscalité, la comptabilité ou le droit, les modèles alternatifs ou l'éducation.

subrepticement, l'Inquisition a changé de camp.

Deuxième constatation, l'objectif déclaré n'est pas de construire une nouvelle discipline "environnement", mais d'interpeller, à la lumière de l'environnement, la manière de faire la recherche. Sage précaution. Seule stratégie possible, réaliste, de l'intérieur des institutions de recherche. En effet, dans une période de faible expansion des crédits de recherche, chaque institution, chaque laboratoire ne peut qu'avoir une stra-

tégie défensive : d'abord persister dans l'être. Entreprises, administrations, institutions de recherche ne savent bien évoluer que dans la croissance : c'est avec les moyens supplémentaires qu'on crée du nouveau plus qu'avec une redistribution des moyens qui se heurte à la double résistance des positions acquises et des compétences spécialisées. En période de stagnation, construire un nouveau "champ" ambitieux serait une menace pour tout ce qui existe déjà et ne pourrait que susciter une opposition



unanime. Mieux vaut donc prendre la forteresse de l'intérieur, négocier avec chaque discipline pour en "verdier" un peu les contenus. Sage prudence mais... est-elle à l'échelle du problème ?

J'entends encore un très grand chef d'entreprise nous confier, lors d'une des séances de travail du Groupe de Vézelay : « Chaque fois que je reviens d'une rencontre de chefs d'entreprise consacrée à ces sujets, je suis heureux de voir les progrès faits dans la prise de conscience des problèmes d'environnement à l'échelle planétaire. Puis je réfléchis, je compare nos avancées à l'ampleur des questions et je me demande si nous ne sommes pas en train de reculer ». À la lecture de cet article, je suis saisi du même doute.

Le réalisme d'aujourd'hui est-il réaliste pour demain ? Le réalisme à l'égard de l'institution est-il un réalisme à l'égard des problèmes ? Il me semble que les défis de l'environnement planétaire nous obligent à poser deux questions fondamentales : comment produisons-nous des connaissances ? Que faisons-nous des connaissances produites ? Ces deux questions n'apparaissent pas avec toute la force nécessaire dans la proposition qui nous est faite.

Comment produisons-nous des connaissances ? Le parallèle avec les entreprises s'impose doublement.

Au plan de l'organisation d'abord. J'ai été frappé, en écoutant un jour l'équipe de direction du programme environnement du CNRS exposer ses orientations, de l'analogie avec les organigrammes "matriciels", si en vogue à une époque dans les entreprises : la nécessité de concilier les logiques "territoriales" des services de production et les logiques "centrales" des services fonctionnels se maté-

rialise... au moins sur le papier, par la matrice de leurs relations.

Au plan de la logique de fonctionnement ensuite. Dans notre système productiviste libéral, l'équilibre social n'est atteint que par la croissance économique. Il n'est que d'entendre, de gauche comme de droite, l'affirmation que seule une croissance soutenue permet de réduire le chômage. De sorte que les entreprises ont pour vocation première de "révéler" de nouveaux besoins non satisfaits ou, dit de façon plus crue, de les créer en laissant imaginer que le bonheur tient au fil du nouveau produit qui va sortir demain, qui va justement combler cette petite niche de besoin sans laquelle on ne saurait vivre heureux. Et tant pis s'il faut, pour parvenir à cette illusion du bonheur pour demain, dissimuler l'essentiel – des inégalités croissantes au sein du système mondial, l'existence à grande échelle de besoins élémentaires non satisfaits – et dépenser en marketing les coûteux artifices de la séduction : il faut que l'entreprise montre qu'il y a un besoin non satisfait et qu'il correspond justement à un bien ou service qu'elle sait produire. Eh bien, les appareils de recherche fonctionnent ainsi, en fabriquant de l'ignorance comme on fabrique des besoins ; en "révélant" des créneaux d'ignorance correspondant à ce que les laboratoires savent chercher.

Pourtant, le problème me paraît diablement plus simple : l'activité humaine, par son ampleur même ne se déroule plus dans un "milieu", elle n'est plus plongée dans un espace qu'elle ne transfigure pas. Elle est à elle-même son propre milieu. Dans ces conditions, nous formons un vaste système éco-socio-technique sur lequel il faut apprendre à raisonner.

Système "éco", comme écologique, car nous sommes inséparables de l'univers qui nous entoure avec ses interdépendances et ses régulations de petite et de grande échelle.

Système "socio", car notre planète étant peuplée d'hommes, les logiques culturelles, politiques, économiques, sociales, institutionnelles pèsent de tout leur poids dans notre évolution. Plus l'emprise de l'homme sur son milieu est grande, plus les logiques sociales – au sens large – sont décisives.

Système "technique", car les machines et les produits de l'intelligence humaine sont la médiation presque universelle des relations des hommes entre eux et avec leur environnement. Intermédiaires de la perception et intermédiaires de l'action. Et ces systèmes techniques

se mettent à déployer leur logique propre : logiques de la télévision, de la voiture, de l'informatique, etc.

Le défi de l'environnement planétaire, ce n'est rien moins que maîtriser intellectuellement et réguler ce vaste système éco-socio-technique. Et je ne peux m'empêcher de penser que si certaines disciplines globalisantes, analyse des systèmes et modélisation, sont en soi d'utiles outils pour se mettre à hauteur des enjeux, le problème ne saurait se réduire à deux gouttes de méthodologie et un zeste, même corsé, d'interdisciplinarité. Il nous faut tout bonnement, fabriquer une nouvelle race de scientifiques.

Peut-être commencer à « se faire les dents » sur des systèmes éco-socio-techniques limités. Je pense par exemple à une recherche

## LA FONDATION POUR LE PROGRÈS DE L'HOMME

■ Fondation de droit suisse, totalement indépendante. L'action de la Fondation part du constat que la science n'engendre pas automatiquement le progrès. En cette fin de *xx*<sup>e</sup> siècle, le progrès ne consiste plus à développer sans fin les sciences et les techniques, mais sans doute à inventer le « comment faire » pour que les connaissances actuelles ou futures soient mieux mises au service de tous les hommes. Ce credo la Fondation l'a conduit à développer trois branches maîtresses pour sa réflexion et son action.

■ La première procède du constat que sur certaines questions, décisives pour l'avenir de l'humanité, les savoirs effectivement mobilisés restent très largement insuffisants. Elles nécessitent des modèles d'action collective à la hauteur de leurs enjeux. Nous en avons retenu sept, qui constituent nos thèmes prioritaires de recherche et d'action : l'avenir de la planète et les équilibres écologiques globaux ; la promotion et la rencontre des cul-

tures ; l'innovation et les mutations de la société ; les relations entre État et société ; les agricultures paysannes et leur modernisation ; la lutte contre l'exclusion ; la construction de la paix.

■ La seconde branche maîtresse traduit la volonté de la Fondation de mettre en place des dispositifs concrets de mobilisation des connaissances utiles aux hommes et l'a conduit à mettre en place quatre politiques : une politique d'appui à la capitalisation d'expériences, une politique éditoriale, une politique de rencontres, dites de Saint-Lubin, et une politique documentaire (Dialogues et documents pour le Progrès de l'Homme, DPH).

■ La troisième branche maîtresse encore en devenir, vise à contribuer au débat sur la place de la science dans nos sociétés : priorités et éthique de la recherche, logique des institutions qui la produisent, liens avec le développement, images, idéologies et conceptions du progrès.



qu'a soutenue la Fondation pour le Progrès de l'Homme sur les rives des lacs suisses. On y trouve à petite échelle tous les ingrédients du système planétaire : le morcellement institutionnel de la gestion, la concurrence entre activités humaines, les logiques techniques de l'agriculture, les systèmes d'assainissement, les interfaces entre milieux...

Sur la seconde question : celle de savoir comment nous utilisons les connaissances, le texte est aussi fort discret. En octobre 1987, le Groupe de Vézelay, à l'issue de la première phase de son travail, a publié une "déclaration" avec un constat et des propositions. L'une de ces propositions était : un programme mondial de recherches. Puis nous avons continué à réfléchir, à travailler avec des gens de tous milieux et nous avons renoncé à cette idée d'un programme de recherches. Pourquoi ? Parce que nous nous sommes aperçus que le problème n'était pas là. Non que l'on sache déjà tout : M. Jollivet et A. Pavé identifient avec talent de nombreuses zones d'ignorance ; mais parce qu'on en sait assez et que le problème est celui de ce que l'on fait de ces savoirs accumulés ; en fait, en braquant le projecteur sur les zones d'ignorance, on détourne l'attention de l'essentiel.

Le premier devoir, en matière de recherches sur l'environnement, dans ces conditions, me paraît être de mobiliser, d'articuler entre elles, de remembrer l'ensemble des connaissances existantes pour explorer de nouveaux paradigmes de développement, pour apprendre aux enfants à raisonner sur leur environnement complexe, fragile et unique, pour inventer de nouveaux modes de régulation, pour former les futures élites.

Un scientifique notait à son retour de Rio, à propos de la forêt

tropicale, que l'on passait beaucoup de temps à recenser les espèces, mais que l'on ne connaissait pas grand chose aux principes généraux de fonctionnement. Et, j'ajouterais que rares sont les programmes qui essaient de tirer parti de ces connaissances pour y inclure l'homme dans un développement durable. Remplaçons « forêt tropicale » par « planète » et allons-y.

P. Calame

☞ ☞ Mes observations sur ce texte, solidement charpenté, bien rédigé et réfléchi, s'ordonnent à partir de remarques fort différentes les unes des autres, que je fais d'ailleurs largement en fonction de ma discipline, la géographie.

D'où un premier constat : en France, les géographes ont, au départ, été absents des recherches en matière d'environnement. Il est d'ailleurs significatif que la place des géographes ne soit mentionnée qu'en second plan dans le texte. Situation paradoxale d'autant plus intéressante que pour beaucoup de géographes français, les rapports entre société et nature interprétés par les prismes des "milieux" et "cultures" ne constituent pas une perspective conceptuelle nouvelle et que c'est largement sur l'analyse de ces rapports que s'est fondée la discipline géographique. Mais c'est aussi probablement parce que des géographes ont pensé qu'ils faisaient des recherches en environnement, comme M. Jourdain faisait de la prose, qu'ils n'ont pas cru utile, en France, de s'investir avec les autres disciplines dans les recherches sur l'environnement, d'où la minceur de leurs participations effectives.

La deuxième remarque porte sur l'absence de distinction suffisamment nette dans le texte entre l'homme-individu, la population, la société. Le terme englobant d'"Homme" biaise la question des recherches en matière d'environnement. Les problèmes posés, les disciplines concernées ne sont pas les mêmes lorsqu'il s'agit de l'homme-individu, de la population, c'est-à-dire une collection d'individus, vivant sur un espace et de la société, qui est portée par une histoire commune dont on se réclame, qui a une culture, des formes d'organisation, qui s'exprime par des mentalités, qui a une certaine vision de ses rapports à la nature.

Dans les programmes de recherches en matière d'environnement, il faut clairement indiquer quelle catégorie est concernée et, du coup, quel en est l'environnement. Pour les risques qui seraient liés à la diminution de l'ozone stratosphérique, ce sont les populations, c'est-à-dire les collections d'individus qui sont concernées, alors que lorsque l'on prend des mesures pour la protection de sites urbains, c'est très directement une société qui intervient, avec sa vision de son histoire, de ses héritages comme de son esthétique.

Cette distinction me semble d'autant plus importante à établir que tout un ensemble de questions environnementales, développées en Europe ou dans les "sociétés occidentales", se sont imposées à l'échelle du Monde, notamment à des sociétés qui n'avaient pas les mêmes relations à la Nature et à la Terre que celles nées en Europe occidentale. Il y a une "occidentalisation" dans la mondialisation des problèmes de l'Environnement dont les débats des conférences de Rio ont montré qu'elle n'était pas acceptée par tous.

Ma troisième observation porte sur la nécessaire critique de certains concepts qui sont utilisés, qui sont pris comme des postulats dont on affirme le bien-fondé sans se croire obligé de les expliquer. Or la recherche se doit d'être critique, même et surtout vis-à-vis des instruments conceptuels qu'elle utilise. J'en prends un exemple, celui de la biodiversité dont on affirme souvent l'aspect nécessairement bénéfique (ce n'est pas le cas dans le texte) et derrière laquelle se cachent des enjeux économiques importants. Je ne veux pas reprendre ici, une observation que j'ai développée ailleurs, fondée sur l'analyse du "système Monde", mis en place depuis un siècle. Son fonctionnement tout à la fois crée de la différence et gomme de la diversité : accroissement des différences de richesses entre les sociétés, des différences de comportements démographiques, mais aussi érosion d'une certaine diversité culturelle, par exemple disparition de langues, de pratiques, de cultivars, etc., effets redoutables des "économies d'échelle" dans la mondialisation des processus et de l'économie.

Dans la mesure où le texte qui nous est proposé à la discussion doit orienter des recherches environnementales, il me paraît important de mettre en cause des termes ou des concepts comme ceux de biodiversité, ou de "grands équilibres".

La remarque précédente me conduit à dégager quatre questions prioritaires à prendre en compte dans les recherches en matière d'environnement :

■ La réversibilité et l'irréversibilité : qu'est-ce qui est réversible, qu'est-ce qui est irréversible et pourquoi la réversibilité et l'irréversibilité, avec les mécanismes et évolutions qui les sous-tendent ?

■ Tous les phénomènes, les relations, les complexités doivent être analysés en fonction des niveaux et des échelles. Le texte montre bien qu'à chaque niveau, des objets comme des thèmes émergent. Cependant il ne me paraît pas faire une place suffisante aux relations entre niveaux et objets différents qui créent une "hiérarchie enchevêtrée", qui est à la base de la compréhension de la complexité et des processus d'auto-organisation. Il aurait été peut-être bon d'en préciser à la fois la richesse mais la difficulté d'analyse.

■ Le texte ne fait pas une place suffisamment significative aux lieux et à leurs spécificités. En tant que géographe, je porte un intérêt particulier aux lieux sensibles où peuvent se produire des "bifurcations" importantes. Tous les lieux ne se valent pas. J'en prends un exemple. "L'Oscillation australe" ou encore "Niño" est la traduction du renversement d'un courant océanique qui traverse le Pacifique sous l'Équateur. Des eaux de surface qui "habituellement" se déplacent, sous l'Équateur, d'Est en Ouest, transférant des eaux plus fraîches depuis les côtes du Pérou jusqu'au Pacifique occidental s'écoulent lors de "l'Oscillation australe" en sens inverse, d'Ouest en Est, et au lieu d'être fraîches, sont chaudes, d'où des modifications climatiques importantes à

l'échelle de la Planète. Or ces changements alternatifs ne sont possibles que parce que sous l'Équateur la force de Coriolis est nulle. C'est donc l'un des lieux sensibles du climat du globe qui doit être suivi avec une attention particulière. Cet exemple montre l'intérêt de repérer, en fonction des problèmes d'environnement qui se posent et que l'on se pose, à toutes les échelles, les lieux plus favorables à la naissance et au développement de tel ou tel phénomène.

■ Enfin un thème, qui est essentiel, me paraît avoir été un peu oublié : c'est celui de la prise de décision en matière d'environnement, des relations entre des connaissances encore incertaines ou imprécises ; la forte médiatisation de quelques questions (cf. l'effet de serre) émeut l'opinion et les prises de décisions politiques s'enflamment, mais sans que l'on sache vraiment si l'on est en présence d'une oscillation réversible ou bien au point de départ d'une bifurcation aux conséquences majeures à l'échelle de quelques décennies ou de plusieurs siècles. Or, si de nombreux colloques ont eu lieu sur le rôle des experts, la prise de décision en matière de politique d'environnement, il me semble nécessaire de poursuivre les recherches qui associent poli-

tologues, juristes, biologistes et spécialistes de la physique et de la chimie de l'écosphère.

Ces quelques remarques un peu en désordre montrent à la fois l'intérêt du texte qui nous est soumis, mais aussi ses limites. À force d'être trop construit, trop poli, des thèmes qui ne cadrent pas dans le raisonnement linéaire du discours en sont, involontairement et implicitement exclus. C'est le mérite de la discussion de les faire resurgir.

O. Dollfus

1. Tome 1, Gu. Hachen, Reclus, 1991.