



Sommet mondial  
du développement durable  
Johannesburg 2002

# LA SCIENCE AU SERVICE D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLE

Contribution  
des organismes publics  
de recherche français

*Les connaissances scientifiques ont permis de diagnostiquer de nombreux problèmes d'environnement, d'alerter sur leur gravité, et de contribuer à leur mise sur le calendrier des négociations internationales et de l'action collective. Aujourd'hui, face aux défis de la mise en œuvre d'un développement durable, la communauté scientifique, dans sa diversité disciplinaire, se rassemble et apporte sa contribution.*

*L'organisation du Sommet mondial du développement durable de Johannesburg, du 26 août au 4 septembre 2002, est l'occasion pour les organismes publics de recherche français de faire le bilan de leurs travaux depuis la signature de l'Agenda 21 lors de la conférence de Rio sur l'environnement et le développement en 1992.*

*L'avancée des connaissances est importante dans le domaine des multiples dimensions de la pauvreté, des dynamiques démographiques, des modalités de gouvernement des sociétés, de l'organisation des villes et des transports, des modes de productions agricoles et industriels plus respectueux de l'environnement, de l'énergie, de la sécurité alimentaire et de la préservation de la santé, de la compréhension des milieux et des écosystèmes, de la gestion des ressources naturelles, de la connaissance des aléas climatiques et des catastrophes naturelles.*

*Mais la recherche apporte aussi des éléments de réponse par la mise au point de technologies et d'itinéraires de développement adaptés aux nouveaux impératifs, la définition de normes et l'apport d'expertise au service de l'action publique.*

*Elle contribue également à la formation, à l'éducation, et aux débats publics.*

*Ce document a été réalisé par 16 organismes de recherche, sous la coordination de l'IRD à la demande du ministère chargé de la Recherche. Il présente également des propositions en termes de priorité de recherche et des initiatives de la communauté scientifique.*



# Préface

Dix ans après le sommet de Rio de Janeiro, la conscience des risques encourus par notre planète du fait même de l'activité humaine s'est considérablement accrue.


Dans ce contexte, le Président de la République a récemment rappelé l'urgence d'une mobilisation internationale en faveur du développement durable.

Il n'est désormais plus admissible que, par ignorance des conséquences de leur comportement, les hommes continuent à mettre en péril l'équilibre de notre planète et que, selon les termes mêmes du Président, "la planète se dégrade à un rythme plus rapide que sa capacité de régénération".

Or nous sommes aujourd'hui confrontés à un paradoxe troublant : une large partie des opinions publiques attribue à la science et à la recherche, avec leur développement naturel de progrès techniques, une responsabilité dans la dégradation de notre planète ou le bouleversement de ses écosystèmes, alors même que la science et la recherche, par des analyses toujours plus affinées, des travaux toujours plus complexes et systématiques, des observations de plus en plus fiables, sont, pour une grande part, à l'origine de la perception de ces dégradations de la Terre comme de sa capacité de remédiation. La communauté scientifique elle-même a joué un rôle d'alerte tout à fait décisif dans cette prise de conscience des enjeux du développement durable.

Les attentes des populations à l'égard de la science sont donc extrêmement fortes : la science et la recherche ne sont pas simplement appelées à dresser un diagnostic, elles doivent rendre possible une meilleure compréhension de phénomènes comme l'effet de serre, l'extension des zones désertiques ou la transmission des maladies parasitaires, et, surtout, proposer, dans chaque branche du développement durable, les moyens de remédier aux désastres environnementaux et humains les plus alarmants.

Ce rapport vient donc à point nommé pour nous permettre de renforcer notre implication dans les enjeux du développement durable.



La France a une longue tradition d'investissement dans la recherche pour le développement, ce dont témoigne, par exemple, l'existence de l'Institut de recherche pour le développement, ou encore la mise en place précoce de structures interdisciplinaires consacrées à certains des enjeux du développement durable, comme l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) ou l'information sur l'état de l'environnement (IFEN). D'autres Instituts témoignent de la vigilance accrue de l'Etat en matière de sécurité sanitaire. Enfin, la reconfiguration de certains organismes publics de recherche a complété ce dispositif en favorisant une approche interdisciplinaire des grands enjeux du développement durable : le CNRS a ainsi transformé l'Institut national des sciences de l'univers (INSU) en Institut national des sciences de l'univers et de l'environnement (INSUE). De tels remaniements permettront de transcender autant que possible les logiques disciplinaires, les logiques institutionnelles et les logiques nationales.

La nécessité, aujourd'hui, de donner à la politique de développement durable une accélération décisive suppose de prendre résolument part à la coopération européenne - notamment dans le cadre des dynamiques structurantes engagées dans le cadre du 6<sup>e</sup> PCRD - et mondiale qui se met en place pour relever ces défis. De la qualité de cette coopération internationale dépend directement la réussite d'une mission de sauvegarde qui se joue à l'échelle planétaire.

La communauté scientifique française dans son ensemble s'est activement mobilisée pour préparer et aborder le Sommet de Johannesburg dans les meilleures conditions. Elle présente sa contribution sous la forme d'un rapport intitulé "La science au service du développement durable". C'est un honneur pour moi de préfacier ce texte, fruit du travail remarquable mené par les organismes publics de recherche français dont je tiens ici à saluer les efforts. Je leur adresse mes très vifs remerciements pour ce rapport dont il n'est pas possible, ici, de détailler tous les aspects, mais qui offre toutes les qualités d'exhaustivité et d'approfondissement scientifique.

Outre l'indispensable recensement des différents champs du développement durable, des exemples fouillés déclinent toutes les facettes du diagnostic posé à l'échelle de la France et, plus largement, de la planète. Un ensemble de recommandations clôt le rapport.

Parmi elles figurent le développement d'une recherche interdisciplinaire intégrant l'apport des sciences humaines et sociales, la multiplication de groupements de recherche structurés, la mise en place d'un réseau de développement concerté des "technologies pour le développement" et l'aide au renforcement des capacités scientifiques des pays en voie de développement.

Que chacun voie donc ce rapport comme un document d'étape exprimant les recommandations de la communauté scientifique française.

Le Ministère chargé de la Recherche et des Nouvelles Technologies n'a pas encore été en mesure de proposer un arbitrage sur chacune des orientations proposées par la communauté scientifique. Il dispose là cependant d'un instrument de travail précieux.

Ce rapport servira de socle à la mise en œuvre d'une politique de recherche et de soutien à l'innovation technologique plus respectueuse des interactions entre les sociétés et leur environnement, plus soucieuse de promouvoir en direction des pays du Sud un progrès partagé et de favoriser, pour notre planète, l'avènement d'un authentique développement durable.

Paris, le 19 juillet 2002



Claudie Haigneré  
Ministre déléguée à la Recherche et aux Nouvelles Technologies





# Sommaire

Introduction	9
Lutte contre la pauvreté et promotion de modes de subsistance viables	13
Lutte contre la pauvreté et réduction des inégalités	14
Agriculture écologiquement viable et sécurité alimentaire	21
Population, urbanisation et établissements humains viables	29
Santé et développement durable	36
Modes de consommation et de production durables	45
Les grands enjeux énergétiques	47
Transports	51
Industrie	54
Gestion plus responsable des ressources naturelles	61
Compréhension des milieux et du fonctionnement des écosystèmes	62
Gestion des sols et des ressources du vivant	65
Gestion durable des ressources en eau	67
Océans et zones côtières	71
Le système climatique	75
Sous-sol et ressources minérales	78
Connaissance et impact des catastrophes naturelles	82
Moyens de mise en œuvre	85
Transfert des technologies écologiquement rationnelles	86
Science et renforcement des capacités	90
Science, éducation et formation	93
Science, expertise et société	95
Information pour l'action publique	98
Conclusion et propositions	103
Thématiques prioritaires	104
Organisation de la recherche	108
Liste des organismes contributeurs	112





# Introduction

La Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement qui s'est tenue à Rio de Janeiro en 1992 a été l'amorce d'une prise de conscience universelle des risques multiples encourus par la planète Terre et ses habitants au regard de la situation de l'environnement physique, biologique, économique et social et des tendances observées. Un des résultats les plus remarquables de cette conférence a été l'élaboration d'un programme global d'action pour un développement durable au XXI<sup>e</sup> siècle, l'Agenda 21. Si ce dernier ne néglige pas les dimensions économiques et sociales du développement durable, dont la lutte contre la pauvreté, il insiste davantage sur la conservation et la gestion des ressources naturelles aux fins du développement. Les conventions internationales signées à l'occasion ou à la suite de cette conférence privilégient également les questions environnementales :

Convention sur la biodiversité (1992),

Convention sur les forêts (1992),

Convention sur le changement climatique (1994),

Convention sur la lutte contre la désertification (1994),

Protocole de Kyoto (1997).

La communauté scientifique internationale a joué un rôle d'information et d'alerte au Sommet de la Terre à Rio, ainsi qu'un rôle particulier dans l'établissement des différentes

conventions spécialisées.

Elle a ainsi contribué à l'élaboration de nouvelles perceptions de l'évolution de la planète et de ses habitants et à la définition de nouveaux équilibres.



Depuis Rio, les chercheurs ont été conviés à “renforcer les bases scientifiques du développement durable”. Le concept de développement durable - un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs - tel qu’il est apparu dans le “Rapport Brundtland” en 1987 suscite en effet de nouvelles questions. A une approche restée trop longtemps sectorielle du développement, se substitue désormais l’impératif d’une gestion intégrée des ressources et des milieux, incitant la recherche à des efforts conséquents. La problématique scientifique du développement durable apparaît ainsi comme étant celle de la dynamique des interactions multidimensionnelles entre les différents milieux et les sociétés. Cette nouvelle approche nécessite de transcender les logiques disciplinaires, les logiques institutionnelles et les logiques nationales. Elle pousse la recherche à se saisir de nouveaux objets, à reconfigurer ses démarches et à réorienter les finalités de son action au sein des sociétés.

Au plan européen, le concept de développement durable est introduit dans le traité d’Amsterdam (1997), puis traduit par les conseils de Cardiff (intégration de l’environnement dans les politiques sectorielles), de Lisbonne et de Nice (intégration de l’agenda social européen dans la stratégie de développement durable), pour être enfin repris dans la stratégie européenne de développement durable approuvée en 2001 à Göteborg. Au plan scientifique, l’Espace européen de la recherche s’inscrit dans cet objectif général de couverture des besoins de recherche de l’Union en matière de développement durable.

Au plan national, ces orientations générales se traduisent par une stratégie nationale de développement durable qui récapitule l’ensemble des actions engagées depuis Rio et les inflexions importantes apportées au dispositif de recherche et d’expertise français : elles se sont notamment traduites par la création de plusieurs organismes nationaux dédiés à la lutte contre les pollutions, à la maîtrise de l’énergie, à la sécurité industrielle, nucléaire, sanitaire ainsi qu’à l’information environnementale, en lien avec l’Agence européenne de l’environnement. La mise en place de groupements de recherche et d’actions incitatives reliés à ces thématiques doit également être mentionnée.

Les organismes publics de recherche français regroupent aujourd’hui près de 80 000 agents, disposent sur ces thèmes d’un budget annuel de l’ordre de 9 milliards d’euros. Depuis le début des années 1990, la plupart d’entre eux ont connu des inflexions en termes de structure, de programmation et d’instrumentation au profit de recherches orientées vers la protection de l’environnement. Ces recherches se sont structurées autour de quatre grands domaines : les changements planétaires (effet de serre et évolution climatique), la dynamique et la gestion des ressources naturelles (biodiversité, eau, sol, sous-sol), le cadre de vie et les relations environnement-santé et, enfin, les modes de production et de consommation et les innovations technologiques.

Certains organismes ont procédé à d’importants changements de stratégie, passant, par exemple, des seules prospection et exploitation des ressources minérales à la mobilisation des sciences de la Terre pour la gestion durable des ressources naturelles, des risques et de l’espace souterrain. De nombreux autres ont connu de véritables mutations épistémologiques en adoptant une démarche plus holistique, passant par exemple de l’approche physique d’un phénomène comme les transports à l’analyse des comportements sociaux qui en conditionnent la reproduction et l’extension (le déterminisme technique et le besoin de mobilité),

ou d'une approche centrée sur l'exploitation des ressources à une approche en termes de "gestion durable" des écosystèmes, qu'ils soient marins ou continentaux, et prenant mieux en compte l'articulation entre les différents milieux, les différentes échelles et les différents acteurs. Plusieurs institutions ont développé des programmes pluridisciplinaires, tandis que d'autres se dotaient de départements thématiques regroupant de multiples disciplines. Un programme fondamental a ainsi été lancé sur l'étude des interactions entre les sociétés humaines et leur environnement. Il privilégie les approches intégrées et pluridisciplinaires (sciences physiques, biologiques et sociales) sur le long terme et des modes de travail associant étroitement chercheurs et acteurs de l'environnement.

Les transformations actuelles de l'agriculture et du monde rural en France ont conduit au développement de nouvelles problématiques de recherche dans les domaines de l'environnement et de la qualité et de la sécurité des aliments. Elles amènent à interroger la pertinence des modèles biotechniques, économiques et sociaux élaborés par les chercheurs au regard de modifications radicales des fonctions assurées par la production agricole et les espaces ruraux. Elles poussent de plus à l'analyse, en situation et en partenariat, des enjeux, des processus et des conditions du changement de l'agriculture tel que le construisent les multiples acteurs impliqués. Concernant les pays du Sud, la vaste réflexion amorcée dès la conférence de Rio sur la dégradation des sols cultivés et la fertilité a été approfondie et a débouché sur des innovations écologiques en agriculture. Cette évolution écologique et environnementale trouve sa pleine traduction dans la relation nouvelle qui tend à se développer entre la recherche et les communautés locales, par la promotion de nouveaux modes de participation et de gestion patrimoniale.

Plus généralement, on peut noter la tendance progressive des organismes à intégrer la notion de risque dans leurs démarches et à penser les questions scientifiques liées à l'environnement et au développement en termes de durabilité. Au cours des dernières décennies, la nécessité d'une meilleure compréhension des erreurs humaines et des défaillances organisationnelles dans les activités à hauts risques est apparue clairement ainsi que le besoin de dépasser les cloisonnements disciplinaires pour étudier ces objets. Les formes d'accident changent et les besoins de recherche évoluent vers la gestion dynamique des défaillances plus que vers la compréhension de leurs causes. Plus globalement, des opérations interdisciplinaires ont été engagées dans différentes structures (programmes, groupements d'intérêt scientifique...) associant des organismes de recherche et des ministères, pour couvrir le champ d'analyse des risques collectifs et des situations de crise (modalités de "mise sur agenda", conditions de survenue des accidents, des catastrophes, dynamique des situations de crise, etc.).

En matière de développement durable, l'importance stratégique du progrès des connaissances scientifiques et l'ambivalence de leurs applications technologiques font que la recherche est de plus en plus sollicitée de l'extérieur pour apporter des solutions en même temps qu'elle est interrogée sur ses priorités et ses finalités. Le document de stratégie nationale de développement durable pose ainsi la question de la place de la recherche dans le dispositif de "la gouvernance du développement durable" et souligne l'importance de la mobilisation des compétences scientifiques pour alimenter le débat de société. Il signale en même temps l'ampleur des questions non résolues, la difficulté d'utiliser les résultats scientifiques pour obtenir des réponses politiques, ainsi que les biais de l'expertise et ses possibles manipulations.

Dix ans après la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement de Rio de Janeiro, le Sommet mondial sur le développement durable (Johannesburg 26 août - 4 septembre 2002) se situera en référence directe avec celui de Rio, et la poursuite de l'Agenda 21, considéré comme très inégalement réalisé en dépit des avancées enregistrées, sera encore à l'ordre du jour. Par rapport à Rio, les dimensions économiques et sociales devraient être mises en avant, traduisant le passage d'une conférence sur l'environnement et le développement, à une conférence sur le développement durable.

Les organismes de recherche français souhaitent apporter leur contribution à ce sommet. Les actions réalisées depuis dix ans en faveur d'un développement durable, dont ils font ici le bilan, mettent en lumière les forces de la recherche française mais également ses faiblesses, en particulier dans la mobilisation encore trop restreinte des sciences humaines et sociales et une attention insuffisante portée aux pays du Sud. Les priorités du Sommet mondial représentent un appel à la mobilisation renouvelée des scientifiques, que ce soit en termes d'ouverture à de nouveaux domaines de recherche que de modalités de sa conduite organisationnelle, disciplinaire et partenariale. Après leur bilan, les organismes présentent ainsi leurs perspectives à long terme, leurs priorités d'action et les moyens de mise en œuvre. Les propositions portent sur les recherches à mener, l'organisation de la recherche à promouvoir et sur les actions à conduire en direction des pays du Sud. La mise en œuvre de l'Agenda 21 tout comme les priorités du Sommet mondial induisent une logique d'actions économiques, sociales et environnementales. C'est en référence à ces actions que s'inscrit la réflexion collective des organismes et que se situent les apports de la recherche : quelles connaissances avons-nous produites et quelles connaissances nouvelles pouvons-nous produire pour favoriser la lutte contre la pauvreté et la promotion de modes de subsistance viables, pour la promotion de modes de consommation et de production durables, pour une gestion plus responsable des ressources naturelles ? Quelles actions communes pouvons-nous mener pour renforcer les capacités scientifiques et le développement des pays du Sud ?

# Lutte contre la pauvreté et promotion de modes de subsistance viables

La pauvreté est un phénomène multidimensionnel, à la fois rural et urbain, qui se traduit par l'insécurité alimentaire, le défaut d'accès aux biens publics élémentaires, santé, éducation, justice ainsi que par l'insécurité des droits d'accès aux sols comme aux autres ressources renouvelables. La pauvreté n'a rien d'un phénomène "naturel". Elle résulte d'un état du monde et de son organisation, internationale, nationale, locale.

Placée au centre de la stratégie du développement durable, la lutte contre la pauvreté est l'un des points forts de l'Agenda 21<sup>1</sup>. Elle est devenue l'objectif premier des politiques de développement depuis le Sommet du Millénaire<sup>2</sup> et elle soulève de nombreuses questions qui sont au centre de la problématique du développement durable et interpellent le monde de la recherche : comment parvenir aux objectifs simultanés de réduction de la pauvreté, de préservation des ressources naturelles et de croissance économique stable ? Peut-on aboutir à une véritable réduction de la pauvreté sans une profonde remise en cause de la distribution des richesses aux différents niveaux (international, national, local) ?

Comment non seulement lutter contre la faim endémique du sixième de la population mondiale, mais aussi nourrir les 3 milliards de personnes à venir, tout en préservant les ressources ? Quelles nouvelles stratégies peut-on envisager en vue d'une gestion viable des villes et du développement des zones rurales, où vit l'autre moitié de la population mondiale ? Comment remettre l'équité sociale au rang de valeur fondamentale et d'objectif politique, tout en respectant les exigences de la prudence écologique et de l'efficacité économique ?







## Lutte contre la pauvreté et réduction des inégalités

La réduction de la pauvreté et des inégalités exige une vision globale et à long terme du développement, susceptible à la fois de réduire durablement la vulnérabilité des individus et des ménages, et d'intégrer la difficile question de l'équité inter-générationnelle. L'enjeu de ce thème est porté par la liaison environnement-développement. Il est largement admis et pris en compte, au moins dans leur agenda, par la plupart des pays industrialisés ; il doit toutefois prendre en considération l'expression des pays en développement - déjà formulée à la conférence de Stockholm en 1972, puis largement reprise à celle de Rio de Janeiro en 1992 - qui rappellent qu'ils ne contribueront aux politiques globales d'environnement que si celles-ci sont posées comme contribuant à la "soutenabilité" de leur développement, et non comme une contrainte supplémentaire à leur effort pour sortir de la pauvreté<sup>3</sup>.



### Réexaminer la compréhension des interactions entre la pauvreté et l'environnement

Depuis Rio, les interactions entre pauvreté et environnement font l'objet d'études attentives. Le lien pauvreté-environnement dégradé est particulièrement visible dans les grandes métropoles des pays en développement mais aussi dans les économies rurales à travers les problèmes d'érosion et de dégradation des sols, de déforestation. Dans les zones urbaines, la santé des pauvres est particulièrement affectée par un environnement insalubre caractérisé par un logement en-dessous des normes acceptables, la rareté de l'eau ou de l'eau polluée, l'absence de systèmes sanitaires, ainsi que par une atmosphère polluée tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des logements. La pauvreté et le manque d'hygiène entraînent même la réapparition de maladies qui semblaient irréversiblement vaincues, comme la tuberculose (cf. § Population, urbanisation et établissements humains viables, p. 29 et Santé et développement durable, p. 36). Par ailleurs, bien que l'importance des revenus d'origine non agricole augmente dans les zones rurales, les pauvres y restent généralement très dépendants des ressources naturelles et sont les principales victimes des dégradations environnementales, sur le plan sanitaire, de l'accès aux ressources, et en raison de l'érosion de la biodiversité et de l'appauvrissement des écosystèmes. Enfin, les pauvres sont généralement plus exposés aux risques environnementaux et aux catastrophes naturelles (sécheresse, inondations, glissement de terrain, insalubrité...).

Cependant, ce sont le plus souvent les modes de production et de consommation des segments riches et des entreprises publiques et privées des pays développés et en développement, et non les pauvres, qui sont à l'origine de la majeure partie des dégâts infligés à l'environnement, particulièrement par le défrichage, le recours aux produits agrochimiques, l'exploitation des ressources hydrauliques et la pollution. En outre, il faut rappeler que les pays riches, qui représentent approximativement un cinquième de la population mondiale, consomment 70 % de la production de l'énergie de la planète, 75 % de ses métaux et 85 % de son

bois. Chaque citoyen d'Europe, et surtout d'Amérique du Nord, contribue 10 à 20 fois plus qu'un Bengali ou un Malien à l'épuisement des ressources et à l'effet de serre. Cela pose, de fait, le problème de l'inégalité qui ne saurait être détaché, à différentes échelles, de celui de la pauvreté.

## Principales actions de recherche depuis Rio

Dans ce contexte, les organismes français de recherche se sont attachés à définir les processus de paupérisation dans les différents contextes sociaux, à identifier les obstacles à l'élimination de la pauvreté et à recommander les politiques éducatives, scientifiques et socio-économiques appropriées. Les recherches ont porté principalement sur l'analyse des différentes formes de pauvreté et d'exclusion, leurs origines, les dynamiques de paupérisation, l'évaluation des politiques sociales, l'évolution du marché du travail, du salariat et de la protection sociale (y compris pour les formes de travail précaire que les entreprises du secteur formel développent à leurs marges via la sous-traitance et le travail extérieur à l'entreprise).

### ■ Définition et mesure de la pauvreté

L'une des premières difficultés réside dans la définition ou l'acceptation de la notion de pauvreté, qui ne fait encore l'objet d'aucun consensus au sein de la communauté scientifique. Néanmoins, d'importants apports théoriques et méthodologiques ces dernières années font de la pauvreté un phénomène dorénavant mieux perçu dans sa complexité. Il y a dix ans, la définition de la pauvreté s'étendait déjà à la privation de biens fondamentaux (éducation, santé, nutrition), mais la plupart des analyses restaient basées sur une approche monétaire du phénomène. Aujourd'hui, il est reconnu que les dimensions de la pauvreté sont multiples (dénuement matériel, malnutrition, analphabétisme, maladie, absence de pouvoir, vulnérabilité, insécurité, marginalisation...) et qu'elles doivent recueillir une égale attention. Les causes politiques, institutionnelles et sociales de la pauvreté sont largement mises en avant, de manière indissociable des causes économiques. Cependant, ces dimensions multiples, l'insuffisance des outils analytiques disponibles et la précarité des informations statistiques rendent particulièrement difficiles la mise en place de politiques de lutte adaptées.

La pauvreté n'est plus considérée comme un phénomène statique. Les recherches développées montrent que la vulnérabilité aux chocs est une dimension essentielle de la chute ou de la retombée dans la pauvreté, en particulier aux chocs de nature idiosyncrasique (maladie par exemple), à l'instabilité économique, ou aux catastrophes naturelles. Nombre de personnes ne sont pas "pauvres" ou "riches" de manière permanente, mais évoluent entre ces différents états à différents moments de leur vie, et il importe d'opérer la distinction entre pauvreté chronique et pauvreté transitoire. L'analyse dynamique des facteurs déterminants des entrées et sorties de la pauvreté paraît indispensable à une bonne compréhension du phénomène et est porteuse d'un nouveau type de politique susceptible d'avoir des effets plus durables. En focalisant l'attention sur les indicateurs statiques, les pouvoirs publics de nombreux pays ont été conduits à privilégier une

politique de transferts des ressources vers les pauvres. Avec une forte proportion de sorties et d'entrées en pauvreté, ces programmes comportent des erreurs de ciblage relativement importantes si la priorité des actions a pour objectif les pauvres permanents. Dans ce cas, des programmes de rehaussement des dotations en capital humain et physique, ou de transferts sociaux peuvent s'avérer indispensables, alors que des compléments de ressources ou des appuis ponctuels paraissent plus appropriés pour aider les pauvres à sortir d'une situation conjoncturelle.

Le diagnostic macroéconomique de la situation des ménages est nuancé, avec une avancée nettement positive de certains indicateurs sociaux, mais une stagnation, voire une régression des revenus dans de nombreux pays. De leur côté, les enquêtes microéconomiques décrivent des signes d'appauvrissement, de précarisation des activités et d'une montée des inégalités.

Enfin, les autres sciences sociales et les expériences de développement mettent, quant à elles, en évidence les stratégies individuelles, familiales, collectives mises en œuvre pour atténuer les effets de la baisse ou de l'instabilité des revenus. L'observation anthropologique a montré que les populations pauvres restent longtemps insérées dans des réseaux familiaux et extra-familiaux de protection sociale et d'assistance mutuelle, et que leurs stratégies relèvent d'une logique de l'entretien du lien social<sup>4</sup>. Enfin, les dilemmes et conflits nécessitant des arbitrages politiques délicats, les oppositions d'intérêts entre riches et pauvres, et entre différentes catégories de pauvres<sup>5</sup>, sont étudiés afin de rendre plus opérationnelles les politiques de lutte contre la pauvreté.

### ■ Croissance économique, inégalité et pauvreté

Malgré la croissance économique qui a prévalu au cours des dernières années, la pauvreté demeure une caractéristique majeure du système social des pays en développement. De plus, dans de nombreux pays, la transition économique et la libéralisation des marchés ont été accompagnées par de profondes transformations des marchés du travail et un rehaussement de la pauvreté. Ce n'est plus seulement le manque de croissance qui fait problème, mais le double lien entre croissance et inégalités : d'une part, certaines logiques de croissance n'empêchent pas la montée d'inégalités, voire l'appauvrissement ; d'autre part, certaines inégalités structurelles peuvent être des freins à la croissance. En particulier, les inégalités devant l'éducation constituent une contrainte majeure pesant sur la mobilité sociale et le processus de croissance.

Les travaux économétriques récents montrent qu'il n'existe pas de relation inévitable entre les inégalités et la croissance. Aussi les recherches se portent donc sur des types de croissance moins inégalitaires et sur les politiques de redistribution qui seraient à même de stimuler la croissance, enclenchant un cercle vertueux de réduction de la pauvreté.

Les conséquences des relations internationales sur l'évolution de la pauvreté font également l'objet de recherches, en particulier les relations commerciales internationales et les questions de réforme du système financier international. Les recherches développées montrent que la logique financière introduite par le fonctionnement actuel de l'économie tend à imposer une grande instabilité et donc



des fluctuations importantes de l'activité économique, qui accentuent la vulnérabilité des couches les plus pauvres de la population. Les crises financières qui ont touché les pays en développement au revenu moyen dans les années 90 ont eu des conséquences sociales néfastes et politiquement déstabilisantes. La crise accentue la pauvreté et la reprise économique - d'un montant équivalent et d'une durée semblable - ne produit pas d'effets compensatoires. La volatilité macro-économique élevée produit des effets d'hystérésis qui freinent l'allègement de la pauvreté que pourrait produire la croissance si elle était plus stable.

Enfin, la question de la réduction de la pauvreté renvoie à un débat plus large sur le développement économique et social, qui a été et reste encore source de nombreux débats autour du rôle de l'Etat, de l'ouverture commerciale, de la libéralisation financière, et de l'accès à des services sociaux de qualité. Certaines politiques publiques d'emplois et/ou d'accès aux services sociaux, en particulier de logement, d'éducation et de santé, semblent avoir un impact significatif dans la lutte contre la pauvreté. Le système de protection sociale et l'existence d'un salaire minimum ont également un rôle important à jouer face à une pauvreté de plus en plus liée, au Nord comme au Sud, à l'évolution du monde du travail.

## ■ Pauvreté, marchés du travail et développement

L'exclusion sociale, le chômage et le sous-emploi structurel sont devenus des problèmes mondiaux. De plus, les deux dernières décennies ont été marquées par une dérégulation progressive du marché du travail et le développement d'emplois précaires, y compris dans les pays industrialisés. Les recherches effectuées montrent qu'on assiste progressivement à de nouvelles formes de polarisation du monde du travail, avec une élite de "techniciens" occupant des emplois spécialisés, une masse grandissante de travailleurs flexibles semi-qualifiés, et une baisse progressive du nombre d'emplois stables pour les travailleurs non qualifiés. Ces processus affectent toutes les sociétés - industrialisées et en développement - bien que sous des formes différentes et à des degrés divers de gravité. Ils concernent tout particulièrement les pays du Nord et les pays émergents, plus que les pays africains qui n'ont pas tous achevé leur phase de transition vers le capitalisme.

Par ailleurs, la répartition des travailleurs selon ces différentes catégories varie au cours du temps et selon les pays, en particulier en fonction de leur insertion dans la division internationale du travail. Dans certains cas, cela a pu contribuer à l'émergence d'une importante classe moyenne. Cependant, l'essor de la précarité, le recours massif au travail à temps partiel et la raréfaction relative de la création d'emplois formels à l'exception de ceux qui exigent un niveau d'instruction relativement élevé, constituent des facteurs qui potentiellement sont de nature à conduire à une augmentation de formes nouvelles de la pauvreté et à une accentuation des inégalités.

Avec la recherche d'une flexibilité accrue dans l'entreprise et de nouvelles formes de domination, les conditions de travail tendent alors à se rapprocher de celles qui dominent dans les emplois informels. Dans ce contexte, le "secteur informel" constitue une catégorie d'analyse de moins en moins pertinente pour l'étude de la pauvreté.



## Perspectives de recherches

### ■ Pauvreté et marché du travail

L'analyse est poursuivie dans deux directions principales. En premier lieu, il s'agit d'approfondir de nouveaux axes d'étude présentant un intérêt en termes de recherches fondamentales et de politiques économiques. En second lieu, il s'agit d'élargir l'analyse comparative pour mettre en évidence les spécificités nationales, enrichir les conclusions analytiques et accroître la pertinence des résultats obtenus. Ainsi, de nouvelles études concernant le fonctionnement du marché du travail, la pauvreté et la vulnérabilité sont réalisées ou programmées dans plusieurs pays.

L'option analytique en termes de genre revêt une importance spécifique, dans la mesure où le différentiel de libertés qui prévaut entre les hommes et les femmes n'est pas, la plupart du temps, réductible à un écart de revenus ou de ressources. En outre, le mode d'appréhension des différentes formes de discrimination (selon la nationalité, le genre, l'appartenance ethnique...) - imperfection majeure des marchés du travail dans le contexte des nouvelles politiques visant à libéraliser les marchés - doit être examiné. Dans ces conditions, les aspects méthodologiques liés à la mesure de la discrimination exigent un champ de recherche nouveau, et l'exploitation de données ayant une portée nationale. Dans de nombreux pays en développement, la crise économique a accentué la mise en œuvre de stratégies de survie, en particulier l'accroissement de l'offre de travail des enfants. Dans cette optique, des recherches sont menées afin d'appréhender l'ampleur de ce travail, d'évaluer la contribution au niveau de vie des ménages et de proposer des axes de réflexion quant aux politiques à mettre en œuvre pour réduire ce phénomène, à la fois en milieu rural et urbain. Enfin, la crise économique a également contribué à augmenter la durée du chômage dans la plupart des pays en développement, thème qui fera l'objet de nouvelles recherches.

### ■ Ajustement structurel, pauvreté et institutions du travail

L'étude de l'impact des programmes d'ajustement structurel sur le monde du travail, en particulier sur l'emploi public, les rémunérations, les statuts du travail et les carrières professionnelles sera poursuivie. En particulier, du point de vue des politiques économiques et sociales, il est opportun d'examiner si ce nouvel environnement institutionnel a contribué à accroître le dynamisme de l'emploi et l'efficacité du système productif - public en particulier - ou si l'informatisation du travail, inhérente à cette flexibilité supplémentaire et à la génération de statuts du travail précaire, est la résultante principale de ce processus. Ce thème de recherche sera approfondi dans plusieurs pays.

### ■ Pauvreté et développement rural

Il importe d'investir dans la recherche théorique et empirique pour mieux appréhender les interactions entre la pauvreté et l'état de l'environnement. Il s'agit d'approfondir ce sujet en proposant un cadre analytique nouveau, en particulier en milieu rural africain, en esquissant les orientations de politique économique souhaitables pour intégrer ces deux éléments dans un nouveau cheminement du

développement. Il importe également d'approfondir le concept de durabilité dans ses composantes à la fois écologique et sociale, et d'examiner dans quelle mesure ces deux dimensions sont contradictoires ou compatibles.

Une grande partie de la pauvreté étant concentrée en milieu rural, il est primordial d'examiner les mécanismes de la pauvreté rurale, de manière à dresser un profil de pauvreté assez explicite en termes de politiques économiques potentielles. Une telle recherche exige - comme en milieu urbain - la mise en œuvre du concept de vulnérabilité, c'est-à-dire l'identification des actifs dont la pénurie affaiblit la capacité de résistance des individus ou des groupes sociaux à des chocs externes. Il est clair que la manière de résoudre la pauvreté en milieu rural ne saurait concerner exclusivement les questions liées au développement agricole : l'artisanat, le commerce, le tourisme, l'industrie et les activités minières doivent y jouer un rôle significatif. En même temps, compte tenu de la structure des économies des pays en développement, l'étude de l'agriculture de subsistance tout comme celle des travailleurs sans terre présente un intérêt majeur pour appréhender la pauvreté en milieu rural.

### ■ Discrimination sociale et genre

Combattre la pauvreté et les inégalités est une tâche complexe car la recherche d'égalité dans un espace engendre fréquemment l'inégalité dans d'autres espaces. De ce fait, le succès de toute stratégie visant à réduire la pauvreté est étroitement dépendant du mode d'appréhension des catégories sociales entre lesquelles les disparités sont les plus prononcées (selon la classe, le genre, l'âge, l'ethnie, la religion...). Ainsi, de nouvelles directions de recherche, en particulier sur le genre, méritent une attention spécifique :

- tout d'abord, l'exclusion relative des femmes de certains biens et services, privés ou collectifs, en particulier dans les domaines de l'éducation (scolarisation primaire) et de la santé (notamment la santé reproductive et la maîtrise de la fécondité) ;
- ensuite, les inégalités en termes de genre inhérentes à l'accès aux moyens d'existence - marché du travail, capital, terre ;
- enfin, l'exclusion des femmes des droits sociaux en termes de sécurité - physique, moyens d'existence, santé -, de liberté d'organisation et d'expression, de dignité et d'identité.

A cet égard, le statut social et le pouvoir des femmes doivent faire l'objet d'une analyse spécifique sur le plan empirique, notamment la question de l'inégalité au sein des ménages.

### ■ Gouvernance, institutions et développement

L'écart observé entre l'impact des réformes engagées et les réalisations effectives provient en partie d'une insuffisante prise en compte des institutions. Certes, cette idée n'est pas nouvelle. Ce qui est nouveau, c'est à la fois le renouvellement et l'approfondissement de ces idées - notamment avec la nouvelle école institutionnelle - mais également la tentative de les prendre en considération dans l'élaboration des stratégies de développement. C'est un thème de recherche qui pourrait être développé. La question de l'Etat de droit, des libertés publiques et plus généralement les conditions politiques d'un développement endogène

devront également être approfondies. En Afrique, l'intérêt du sujet se manifeste à plusieurs niveaux, l'une des tâches de l'Etat, souvent négligée dans les modèles de développement, étant de fournir des incitations adaptées pour stimuler et guider les acteurs économiques.

Au sujet du rôle de l'Etat, des politiques publiques en matière de lutte contre la pauvreté et de la dégradation des conditions de vie, il convient de ne pas trop idéaliser les "initiatives locales", le rôle des associations, ou l'efficacité des privatisations. Il conviendrait, en revanche, de procéder à des observations comparatives systématiques de l'élaboration, de la mise en œuvre et des conséquences des politiques publiques d'un côté, et des actions privées ou associatives de l'autre, en posant notamment la question de la "réplicabilité" des solutions mises en œuvre auprès de populations délaissées par l'Etat, ce qui passe par une articulation entre stratégies alternatives et stratégies publiques.

### ■ Exclusion sociale et développement

La pauvreté, en raison de son lien avec l'exclusion, possède, dans de nombreux pays, une dimension sociale et culturelle importante qui peut dominer l'aspect économique. La diminution ou la perte des relations sociales apparaît dans de nombreuses sociétés comme une calamité bien pire que la baisse ou la perte d'un revenu. Au cours des années récentes, les responsables politiques et les acteurs sociaux ont été préoccupés de manière croissante par le souci d'éviter ou d'atténuer l'exclusion sociale et il est à présent admis que la croissance économique n'est pas suffisante pour éradiquer la pauvreté et le chômage. Bien que cette question ait concerné en premier lieu les pays du Nord, elle se pose également dans les pays en développement. Les situations très diverses n'appellent pas des mesures générales mais des réponses au cas par cas.

Dans le cadre d'études empiriques, il s'agira d'approfondir plusieurs aspects de cette question. Il importera, tout d'abord, de spécifier les dimensions de l'exclusion sociale en termes de biens et de services (privés et publics), de moyens d'existence (marché du travail, terre, capital), de droits sociaux (participation, organisation, sécurité, identité, etc.), ou encore les formes d'exclusion liées au modèle de développement. Une telle approche doit également permettre d'appréhender la signification des différentes dimensions de la privation, de mettre l'accent sur les mécanismes à l'origine de l'exclusion (rupture du lien social, pouvoir de monopole, fonctionnement organique de la société), d'identifier les acteurs sociaux impliqués à la fois dans le processus d'exclusion et d'inclusion. Enfin, ces recherches doivent envisager les nouvelles perspectives de politiques économiques à plusieurs niveaux : international, national (accès aux marchés et aux institutions), local.



## Agriculture écologiquement viable et sécurité alimentaire

Depuis dix ans, la programmation scientifique des établissements de recherche publique a connu des évolutions considérables qui sont inspirées des recommandations issues de la conférence de Rio, ainsi que du mouvement général d'évolution des sciences et des transformations de notre environnement social et politique.

Pour améliorer leur efficacité, les organismes se sont souvent engagés dans des opérations communes pour les thèmes les plus ambitieux ou les plus innovants.



### Principales évolutions depuis dix ans

Seuls quelques-uns des thèmes, parmi les plus significatifs comme la biodiversité, les ressources génétiques, la fertilité des sols, la protection des cultures et la santé des animaux, les pratiques agronomiques, les prélèvements dans les milieux non ou peu cultivés sont évoqués ici.

#### ■ La biodiversité

L'un des résultats majeurs du sommet de Rio a été la signature de la Convention sur la diversité biologique. Replacer la recherche agronomique dans le cadre d'une réflexion sur la nature, les fonctions et la dynamique de la biodiversité a été essentiel pour élaborer une nouvelle approche, qui est celle de la "révolution doublement verte". Tirant les leçons de la première révolution verte, cette perspective d'une nouvelle révolution agricole replace la production dans la dynamique de la biodiversité, dont elle tire parti sans en obérer le devenir, tout comme elle propose de tirer parti de la variabilité au lieu de chercher à l'éliminer par l'artificialisation et l'agro-chimie. La diversité biologique a donné lieu à d'importants travaux dans les universités et organismes de recherche français.

Pour affirmer l'importance des recherches sur la biodiversité, et le besoin d'en assurer collectivement la coordination, la France s'est dotée, en 1999, d'un Institut français de la biodiversité, association de plusieurs ministères, d'organismes publics de recherche, d'ONG et de groupements professionnels.

#### ■ Les ressources génétiques

Ces dernières années ont été marquées par le développement des outils de la génomique, qui ont été à l'origine de rapides transformations des techniques et des objets de la génétique (séquençage, cartographie, identification des fonctions des gènes, bio-informatique, etc.), mais qui nécessitent des moyens d'équipement et de matériel importants. Les principaux établissements français concernés se sont regroupés autour de plates-formes communes, impliquant également les principaux semenciers privés, comme le programme Génoplante, pour lequel

plusieurs plantes modèles ont été choisies, dont le riz. Dans ce domaine également, la France s'est dotée, par ailleurs, d'un outil collectif de coordination, le Bureau des ressources génétiques (BRG).

Concernant les ressources cultivées et les animaux d'élevage, les efforts ont également porté sur les techniques de conservation *ex situ*, et sur la promotion de la conservation *in situ* et à la ferme impliquant fortement les acteurs. Ces initiatives permettent de maintenir des collections libres d'accès et de reconnaître le rôle des communautés de producteurs dans la connaissance et l'amélioration historique des ressources génétiques existantes. Elles constituent la base de programmes participatifs de sélection : au nord, elles concernent, par exemple, des variétés résistantes aux maladies ou particulièrement adaptées aux techniques de l'agriculture biologique ; au sud, elles se déclinent notamment sur le sorgho et le mil en zone soudano-sahélienne et les poissons du groupe tilapia dans toutes les zones où ces espèces peuvent être élevées.

### ■ La fertilité des sols

L'un des principaux acquis de ces dernières années a été la prise en compte de la dimension biotique des sols, longtemps abordés de manière quasi exclusive à partir de leurs composantes physicochimiques. Les recherches s'orientent sur l'étude du fonctionnement des sols, en agissant par des pratiques agronomiques nouvelles sur les cycles biogéochimiques en interaction avec les peuplements microbiologiques et macrofaunistiques. Elles reposent sur de nouvelles conceptions de la fertilité des sols, vue comme un complexe d'interactions entre des pratiques, des plantes, des flux d'éléments chimiques et des fonctionnements écologiques édaphiques mal connus, selon des régimes hydriques diversifiés. On constate ainsi un renouvellement des méthodes et outils d'étude de ces problèmes, que ce soit en laboratoire (analyses classiques des sols) ou sur le terrain (indicateurs cultureux et plus seulement du niveau de photosynthèse), ouvrant de larges perspectives aux techniques de modélisation. Ces connaissances débouchent sur la mise au point et la diffusion de nouvelles techniques comme, par exemple, le semis direct sous couverture végétale.

Cette évolution dans l'approche des ressources naturelles touche aussi la question de la désertification, distincte de l'aridité, qui est désormais abordée d'un point de vue écosystémique et non plus seulement par des techniques de défense et de restauration des sols. Les établissements français sont ainsi engagés dans le réseau ROSELT d'observatoires en Afrique aride circumsaharienne de surveillance de la désertification en relation avec les changements globaux du climat et locaux des modes d'utilisation des terres. Des expériences, à partir de simulateurs de pluie, permettent ainsi d'étudier les processus de ruissellement, d'évaporation et de percolation de l'eau de pluie dans le sol.

### ■ La protection des végétaux et la santé animale

Les ennemis des cultures et des forêts constituent une des contraintes majeures de la production, ce qui a conduit depuis longtemps les firmes de la phytopharmacie à investir et devancer la recherche publique. Mais les conséquences environnementales des méthodes de lutte chimique sont devenues de plus en plus préoccupantes, amenant la recherche publique à développer de nouvelles pistes



d'investigation. Celles-ci sont ainsi passées des principes de la lutte biologique aux concepts de la production intégrée qui aborde la protection des cultures comme inhérente à la conception d'un système de production, grâce à une meilleure connaissance des mécanismes fondamentaux de la pathogénicité, des interactions hôtes-pathogènes-vecteurs-auxiliaires, des flux et de l'épidémiologie des principaux pathogènes. Ainsi, des méthodes de protection intégrée des cultures sont mises en œuvre pour maîtriser les pathologies majeures des grandes filières tempérées et tropicales. Il s'agit bien ici de maîtriser et non nécessairement "d'éradiquer" tant il a été démontré que les stratégies d'éradication de ravageurs constituent en fait des pressions de sélection de résistants aux traitements.

En ce qui concerne les animaux, les derniers développements concernent les vaccins de nouvelle génération, la résistance génétique aux maladies, les outils de diagnostic sanitaire, l'écopathologie. Dans les pays du Sud, les priorités ont porté sur l'épidémiosurveillance et l'épidémiologie dans le cadre de réseaux internationaux. Dans ces pays malheureusement, la pauvreté, la précarité des approvisionnements et la déficience des encadrements conduisent trop souvent à la renaissance épidémique de maladies pourtant simples à prévenir avec les vaccins existants.

## ■ Les pratiques agronomiques et d'élevage

Les avancées récentes de la recherche ont porté sur l'intégration des raisonnements écologiques dans les corpus théoriques et méthodologiques de l'agronomie (*sensu lato*). Cela conduit, par exemple, à considérer la fonction de production de la fertilité à partir de la biomasse ou à valoriser les interactions physiologiques entre plantes afin de limiter les apports artificiels d'engrais, ou même, tout simplement, à mieux évaluer l'intérêt des associations agriculture-élevage, au Nord comme au Sud. Ces recherches se donnent pour objectif une gestion intégrée de l'ensemble des ressources du milieu (sol, eau, nutriments, diversité biologique des espèces végétales et animales) dans des buts divers : renouveler les ressources, limiter les atteintes à l'environnement, obtenir des produits en quantité et qualité suffisantes dans des conditions de coûts de production acceptables. Ce dernier point reste valide dans les pays industrialisés, mais il prend toute son importance dans les pays du Sud, où des gains de productivité sont encore à attendre (céréales, cultures pérennes, horticulture, oléagineux, lait, pisciculture continentale, viandes blanches à destination de l'approvisionnement des villes...). C'est tout l'enjeu de la "révolution doublement verte" que d'intégrer ces nouvelles dimensions dans les systèmes de production au niveau des unités de production existantes, et dans les unités de paysage et de territoire dans le cadre des collectivités publiques territoriales.

Si l'accroissement de la productivité du travail est encore un objectif dans les pays du Sud, pour les pays industrialisés, c'est la surcharge en travail (matériel et immatériel) qui devient un problème inquiétant du fait de la lourdeur des cadres administratifs et réglementaires et de l'agrandissement des exploitations agricoles, en particulier dans les systèmes d'élevage (de monogastriques comme de ruminants). Si ces systèmes de production ne sont plus vivables pour ceux qui les pilotent, ils ne seront pas durables. Dans les pays en développement, outre la sélection et la santé animales, la recherche porte sur l'intégration de l'élevage et de l'agriculture là où celle-ci est possible, avec utilisation des sous-produits agricoles (tourteaux etc.) ; s'agissant de l'élevage transhumant, les recherches ont porté sur

la restauration et l'amélioration des pâturages. La gestion des pâturages s'est enrichie de l'apport des sciences sociales et notamment de la géographie, de l'anthropologie et de l'économie, cette dernière s'intéressant notamment à la gestion de l'accès aux pâtures et à l'émergence d'agréments entre sédentaires et transhumants.

Enfin, d'importants travaux sont engagés sur la faune sauvage, la gestion des parcs et des aires protégées, la gestion et l'exploitation de la faune, l'intégration des animaux dans la construction de modèles de gestion durable des terroirs et des exploitations, etc. Des recherches sont ainsi conduites sur les formes de gestion participative de la biodiversité, finalisée sur des objectifs adaptés aux conditions climatiques, édaphiques, économiques et sociales, afin d'étudier les conditions de réalisation des accords et des contrats nécessaires entre les représentants de l'intérêt public général et les organismes chargés de le mettre en œuvre d'une part (Etats, administrations, ONG délégataires, institutions internationales, etc.) et les utilisateurs du milieu d'autre part (agriculteurs, éleveurs, forestiers...). Les modes coutumiers de gestion de la faune ont été étudiés au cours de la décennie écoulée, et comparés en efficacité et en coût à la gestion pratiquée via des aires protégées.

### ■ La prise en compte des acteurs locaux

Les établissements de recherche sont impliqués dans l'évolution des conceptions en matière de gestion des espaces forestiers, dans la métrologie des processus de stockage de carbone, dans les discussions sur l'éco-labellisation des produits forestiers et la production des normes correspondantes, qui touchent aussi bien les produits des forêts du Nord que les bois tropicaux, dans les techniques de réhabilitation des milieux boisés et dans les aménagements agro-forestiers. L'application des modèles d'aménagement forestier sur le terrain peut entrer en contradiction avec les pratiques locales des peuples forestiers, souvent mal connus (et marginalisés politiquement) au détriment de leur propre durabilité... Dans ce domaine, comme dans d'autres identifiés ci-dessus, les recherches doivent tout particulièrement être conduites en partenariat avec les acteurs de terrain, et en particulier avec les groupes ethniques intégrés dans les milieux forestiers, dont les pratiques et les savoirs méritent d'être pleinement pris en compte au risque de dommages culturels, écologiques et sociaux irréversibles. L'implication des sciences sociales est indispensable pour la conception de partenariat entre sciences de la nature et de l'ingénieur d'une part, et intérêts locaux d'autre part.

C'est également tout l'enjeu d'une gestion responsable des pêches en milieux continentaux, tenant compte de l'impact du prélèvement d'une espèce cible sur la dynamique des peuplements, comme de l'impact des aménagements et des pratiques de gestion des effluents agricoles, urbains et industriels sur les milieux aquatiques. En réponse, la recherche a permis un développement de la pisciculture, avec un effort particulier inter-organismes sur les espèces de tilapia à destination d'une grande diversité de situations tropicales. Le transfert d'espèces d'un écosystème à un autre et ses conséquences potentielles sont une question importante pour l'écologie scientifique.



## Perspectives

Au-delà de la poursuite des mouvements indiqués précédemment, il paraît pertinent d'insister sur des questions soulevées par ces dynamiques ainsi que sur des orientations nouvelles qu'il faut renforcer pour que la recherche publique s'implique véritablement dans les enjeux du développement durable.

### ■ Une agriculture enchâssée dans la dynamique de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes

La poursuite de travaux recherche en direction d'une révolution "doublement verte" est prioritaire, en ce qu'elle concilie les objectifs de préservation de l'environnement, de productivité et de cohérence avec les dynamiques sociales locales. Cette perspective est appelée à encadrer toute recherche technologique partielle, et à lui donner sens. Les modifications génétiques ne sont ni "bonnes" ni "mauvaises" *a priori*. Il s'agit de dépasser les extrémismes tant technologiques que conservationnistes.

Le concept de "révolution doublement verte" intègre les dimensions économiques et sociales et met en cause des politiques agricoles dont les incitations conduisent à la dégradation de la biodiversité, comme le retournement de prairies permanentes pour "faire de la jachère". Il rappelle également que toute volonté d'éradication d'un ravageur revient à le rendre résistant, alors qu'il est possible de maîtriser ses impacts à un niveau économiquement acceptable. Dans les pays en développement, la recherche a redécouvert les richesses d'écosystèmes cultivés sans intrants, tels que les agroforêts et les cultures associées, et la production de modèles qui s'en inspirent est sur l'agenda de la recherche.

### ■ Des ressources génétiques accessibles et sûres

Le développement accéléré des techniques d'étude du vivant par les méthodes de la génomique et, bientôt, de la post-génomique, inscrit de nouvelles questions à l'agenda des politiques de recherche, comme celle, par exemple, des relations entre la recherche publique et le secteur privé très impliqué dans les enjeux de la génomique. Il importe donc de mettre en priorité les recherches qui ont un fort potentiel de bien public (résistance à la sécheresse, meilleure assimilation des nutriments, enrichissement des végétaux en protéines assimilables, oligo-éléments et vitamines) et de se doter de méthodes d'analyse des risques environnementaux liés à la dissémination des gènes.

Qui dit sécurité dit possibilité de suivre et de contrôler l'évolution de la biodiversité et des produits de la génomique. L'accès des pays du Sud à ces technologies, jusqu'ici principalement localisées dans les pays industrialisés, nécessite de former des équipes à leur utilisation et de les doter des équipements nécessaires à leur autonomie ; ainsi des plates-formes de génomique devraient pouvoir être implantées dans les années qui viennent dans les pays les plus disposés à s'engager dans ces problématiques. Par ailleurs, un effort considérable reste à entreprendre pour aider les pays les plus pauvres dans la mise sur pied des instruments légaux et réglementaires leur permettant de contrôler les activités des firmes sur leur territoire. La Convention sur la biodiversité ne laissant à ces pays, sous couvert de "souveraineté", que le contrôle de l'accès à leurs ressources, il est essentiel qu'ils

puissent tirer parti de cette faible marge de manœuvre. Les instituts publics de recherche pour le développement ont opté pour une politique de propriété intellectuelle qui garantit l'accès prioritaire des pays pauvres partenaires aux brevets détenus par ces organismes. La propriété intellectuelle va ici à l'encontre de son usage habituel, dans la mesure où elle est obtenue, non pas pour être confisquée par des intérêts privés, mais pour profiter aux plus pauvres.

### ■ De la sécurité à la sécurisation alimentaire

La faible base de l'alimentation humaine constitue un risque important pour la sécurité alimentaire de la planète. En effet, sur 13 000 plantes alimentaires connues, 4 800 sont cultivées mais 4 seulement représentent 50 % de l'alimentation humaine : blé, maïs, riz, pomme de terre.

La prise en compte de nouveaux risques ainsi que des crises récentes ont par ailleurs modifié le paysage économique de la qualité et de la sécurité des aliments. Des produits agroalimentaires sont soupçonnés de porter en eux des facteurs de risque cachés pour les consommateurs (OGM, farines animales, résidus de produits phytosanitaires ou boues d'épandage d'origines agricoles ou urbaines, etc.). En outre, les consommateurs et les opérateurs commerciaux commencent à être attentifs aux conditions environnementales et sociales de production des denrées et des matières premières à partir desquelles sont élaborés des produits de consommation, en provenance de pays du Nord ou de pays du Sud. Une meilleure maîtrise des conditions d'approvisionnement en biens alimentaires, qualitative-ment comme quantitativement, est ainsi revendiquée par les consommateurs des deux hémisphères à la recherche d'une sécurisation de leur alimentation.

Parler en termes de sécurisation, et pas seulement de sécurité, c'est privilégier l'analyse des processus permettant de gérer durablement les approvisionnements et de les préserver, c'est-à-dire d'aborder également les questions de sécurisation foncière (garantir l'emprise agricole devant l'urbanisation et la désertification), des ressources (eau, matériel génétique, intrants et équipements agricoles, mais également connaissances et savoir-faire), des marchés (accès, transports, réseaux et filières) et de la consommation (habitudes alimentaires, qualité et sécurité sanitaire des aliments). Dans les pays en développement, l'accent des bailleurs de fonds est encore trop appuyé en faveur des accroissements de production, quand l'amélioration du conditionnement, du stockage et du transport permettrait de diminuer sensiblement des pertes très élevées après récolte, pouvant aller jusqu'à 50 % dans certains cas (poisson transformé, par exemple).

Ces questions rejoignent ainsi les problématiques de gouvernance locale. Elles s'opposent aux tendances passées qui privilégiaient une production indifférenciée de masse, les mélanges les plus larges, le morcellement du processus de production, sa dispersion entre des lieux géographiques distants en fonction de divers avantages comparatifs. Elles remettent en cause les dilutions d'informations sur les conditions de production liées au brassage des produits et des composants dans de vastes mouvements de transports de marchandises comme dans la complexité de certains procès industriels, au sein de circuits marchands longs accentuant la disjonction entre échange et production. Elles remettent également en cause les règles du commerce international qui reposent sur la distinction entre produits et procédés, et selon lesquelles seuls les risques attachés aux produits peuvent justifier une restriction au commerce. Il s'agit alors d'introduire des procédures de traçabilité au sein de ces circuits de façon à localiser les facteurs de risque pour

la santé et l'environnement présents dans le produit final mis à disposition. Cela peut s'obtenir par des procédures de qualification garantissant le profil sanitaire et environnemental des marchandises, reposant soit sur des formes d'organisation qui restent encore pour la plupart à inventer au sein de chacune des filières, garantissant les conditions d'un contrôle effectif, soit sur un raccourcissement des chaînes d'approvisionnement et des circuits d'échange, de manière à assurer les conditions d'une information précise. Les appellations d'origine contrôlée, qui permettent la conservation des procédés de fabrication via la protection du produit, font également l'objet de recherches portant sur leurs perspectives d'utilisation dans les pays en développement comme substitut à la propriété industrielle dans le cas de savoirs et de produits collectifs.

Ces questions ouvrent de nouvelles pistes de recherche qui permettraient de rapprocher des sphères actuellement disjointes comme celle de la production et celle de la consommation, par exemple ; mais cela revient également à ré-articuler des domaines scientifiques - c'est à dire des dispositifs de recherche et des cultures scientifiques - disjointes également dans leurs objets comme dans leurs formes de structurations disciplinaires (agronomie de la production, sciences des aliments, économie des circuits marchands, analyse du comportement des consommateurs, étude des risques alimentaires).

Cela conduit également à rechercher à mieux comprendre les mécanismes du marché dans un contexte d'ajustement structurel, de réduction des subventions et de l'intervention de l'Etat, de privatisation, de disparition des accords internationaux par produits et de baisse des protections douanières. Dans un tel contexte, comment les pays en développement les moins compétitifs peuvent-ils rester insérés dans le marché autrement que par le seul fait de la dette internationale ? Comment éviter que la compétition économique ne se traduise par des dommages sociaux et environnementaux, qu'elle ne se fasse au détriment de la gestion des ressources naturelles (eau, sols, fertilité, biodiversité, déforestation, aridification) ? Il faut pour cela mieux comprendre, pays par pays, écosystème par écosystème, produit par produit, ce que sont les enjeux réels et aider les pouvoirs publics à promouvoir des politiques agricoles et environnementales efficaces. Cela implique la maîtrise des outils de modélisation pour les politiques économiques (simulation et prospective) et des outils de dialogue permettant des approches négociées de la décision.

Il faut se donner les moyens d'éviter que la baisse des coûts unitaires par produit ne se fasse au détriment irréversible des producteurs, du fait d'une plus grande volatilité des prix internationaux, en jouant sur l'amélioration et la stabilité de la qualité des produits, leur protection par des labels ou des appellations, de façon à permettre aux producteurs de bénéficier de ces accords de qualité avec les consommateurs et les opérateurs de l'interprofession (là où celle-ci existe). Il faut éviter également que les politiques agricoles des pays industrialisés ne s'accompagnent d'un effondrement des systèmes productifs dans les pays moins favorisés, où les producteurs n'ont guère de prise sur les conditions du marché.

Ces questions sont d'autant plus importantes que, bien souvent, le désengagement de l'Etat, les nouvelles répartitions de compétences et les nouvelles conceptions locales de choix publics favorisent la ré-émergence des anciennes formes de pouvoir local. Les choix publics décentralisés jouant un rôle capital dans la gestion de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables, il est essentiel que

des recherches soient engagées sur les méthodes d'appui aux collectivités territoriales face à la privatisation, à l'évolution du rôle de l'Etat et à l'éclatement des différents niveaux décisionnels.

## ■ Ré-interroger l'insertion territoriale

Ces évolutions conduisent la recherche agronomique à investir de nouveaux objets pertinents pour traiter les formes d'organisation territoriales.

Dans les pays industrialisés, la place des activités agricoles tend à se réduire. Elles constituent de moins en moins l'activité principale, comme la principale source de revenus, des territoires ruraux ; d'autant que ceux-ci s'imbriquent de plus en plus étroitement dans des maillages territoriaux reliant de manière fonctionnelle villes et campagnes (emplois, résidences, loisirs, approvisionnement en certains produits, paysages, etc.). C'est dans ce contexte que s'est constituée depuis des années une distinction entre deux formes d'agriculture agissant de manière différenciée sur le territoire. D'un côté une agriculture marginalisée par les critères de compétitivité économique perçue comme favorable à l'environnement et garantissant l'entretien des paysages ; ce sont d'ailleurs ces formes d'agriculture qui ont en France fait l'objet des premières mesures dites agri-environnementales, destinées à les soutenir financièrement. De l'autre côté, une agriculture compétitive - dans certaines conditions de soutien des prix - mais qui présente des impacts négatifs sur l'environnement, longtemps occultés ; il a fallu attendre ces dernières années - sous la pression de certaines associations, des collectivités territoriales et des politiques nationale et communautaire - pour la faire "bénéficier" de nouvelles réglementations et incitations relatives à la protection de l'environnement. Dans un premier temps, ce sont les problèmes liés à la conservation - qualitative et quantitative - des ressources en eau qui ont justifié cette mise en cause du modèle de l'agriculture intensive, mais d'autres questions comme celles liées à la préservation de la biodiversité et des paysages, au bien-être animal ou à la qualité organoleptique et à la sécurité sanitaire des aliments sont déjà à l'ordre du jour.

Dans les pays du Sud, les enjeux territoriaux se cristallisent autour de l'efficacité des institutions de gouvernance dans un contexte de désengagement de l'Etat déjà évoqué ci-dessus, de dynamiques migratoires, d'instabilité foncière, d'expansion des zones urbaines et de concentration démographique, de mécanismes souvent inégalitaires de régulation de l'accès aux ressources (eau, forêts, faune, espace cultivable, matériel génétique, etc.) et de distribution des produits... Ces processus connaissent de grandes différenciations d'un pays à l'autre et contribuent à une diversité de situations. Les pays du Sud peuvent être considérés comme un ensemble homogène.

La prise en compte du temps long, dans le cadre d'une gestion basée sur la prévention amène à repenser les modalités d'insertion des modèles agricoles dans les territoires : elle conduit à identifier de nouveaux espaces d'action qui relient la dimension territoriale et les dispositifs sectoriels sur lesquels repose la plupart de l'organisation du développement agricole. La prise en compte de qualifications environnementales ou nutritionnelles des produits va conduire à une meilleure insertion dans les milieux et les territoires et mobiliser de nouveaux acteurs.

Il s'agit bien ici de définir des espaces pertinents pour agir à propos d'un problème identifié : c'est-à-dire de trouver un bon équilibre entre le diagnostic et l'action,

de façon à permettre la construction intellectuelle et sociale satisfaisante des problèmes ainsi que l'engagement coordonné d'actions et une mobilisation efficace de ressources adaptées pour les traiter. Bien souvent, les espaces des problèmes (bassin versant, bassin d'alimentation en eau, nappe, paysage, zones humides, etc.), les espaces d'actions et de gestion sont déconnectés (communes, départements, exploitations,...). Par ailleurs, les dispositifs réglementaires ou incitatifs reposent, pour leur part, souvent sur des zonages du territoire encore différents.

De plus, il y a peu de connexion ou de lieu de coordination formel entre les différentes catégories d'acteurs concernés par un même problème (préservation de la qualité de l'eau, de la biodiversité, prévention des incendies de forêt, etc.) et historiquement séparés par leurs intérêts immédiats comme leurs différences de cultures, de formes d'organisation professionnelle, de mode d'administration par les politiques publiques, etc. Il y a là tout un enjeu de recherche de nouvelles formes et de nouvelles modalités de coopération entre des acteurs séparés par des formes d'organisation de la vie économique et sociale, profondément remises en cause par les questions d'environnement et les enjeux du développement durable.

### ■ Développer les recherches participatives

Ces nouveaux types de chantiers, s'ils peuvent être considérés comme ébauchés sur tel ou tel point, restent largement à développer et doivent pour cela reposer sur un renouvellement des pratiques de recherche. Sur de tels sujets, des recherches ayant pour objectif le développement durable, peuvent-elles se réaliser sans liens étroits avec les acteurs ? Les perspectives d'action, pour être réellement opérationnelles, peuvent-elles s'élaborer du seul point de vue des chercheurs sans associer étroitement ceux qui, justement, sont ou seront en situation d'agir ? De telles questions nécessitent un investissement croissant des sciences sociales, au côté des sciences de la nature et des sciences agronomiques, dans les dispositifs de travail en partenariat. Inciter les chercheurs à développer des recherches en situation et en partenariat, présente certains risques, puisque celles-ci sont liées aux rythmes ou aux propres difficultés de leurs partenaires. Il importe donc de mettre en place des modalités et des critères d'évaluation spécifiques à ce type de travaux.



## Population, urbanisation et établissements humains viables

La dynamique démographique, par définition, alimente le peuplement de la Terre. Les tendances et les facteurs de cette dynamique ont un rapport direct avec la viabilité des modes d'établissement et de subsistance, que ce soit du point de vue de l'habitat, de l'accès aux ressources, de la santé ou des impacts globaux et locaux sur l'environnement. Le chapitre 5 de l'Agenda 21 insiste sur cette dimension. Il appelle au développement et à la diffusion des connaissances sur les interactions entre tendances et facteurs démographiques et développement durable.

Depuis dix ans, la recherche française a été très active dans ce domaine, et ses priorités actuelles sont étroitement articulées aux grands enjeux démographiques et sociaux contemporains. Ces enjeux ne sont pas seulement liés à ce qui touche à l'évolution de la fécondité et à la croissance de la population. Ils ont à voir aussi avec les mouvements dans l'espace et les conditions de vie dans les lieux d'établissement, que ce soit dans les régions menacées par la désertification ou dans les métropoles urbaines.

En 2002, près de 50 % des habitants de la planète vivent en ville, et cette proportion est appelée à augmenter sensiblement, bien que la tendance générale des territoires à l'urbanisation ne soit pas uniforme dans le temps et l'espace.

L'expansion des grandes métropoles des pays du Nord, née de la phase d'industrialisation, commence à connaître un certain ralentissement du fait de la stabilisation du potentiel migratoire des campagnes. On y voit en même temps progresser, de manière inégale mais indéniable, la maîtrise des principales fonctions urbaines : l'habitat, les équipements, les lieux de travail et les réseaux de transports. Les pays du Sud, au contraire, connaissent une rapide et récente urbanisation au prix d'un important déficit dans la maîtrise de l'espace et des fonctions urbaines, qui résulte souvent plus du pouvoir d'attraction du "mirage urbain" que des effets de l'industrialisation, en particulier en Afrique. Traduisant la compétition territoriale qui modifie les rapports villes-campagnes, le mouvement de concentration urbaine accompagne la concentration des capitaux. De nouvelles formes urbaines apparaissent et les inégalités dans la distribution des richesses s'expriment plus fortement dans l'espace urbain. Les organismes français de recherche intervenant dans les champs de l'espace urbain et de la construction ont conduit des travaux sur les liens entre la pauvreté, l'environnement, la santé et la viabilité des établissements humains dans les villes des pays du Sud. Les recherches menées en France, principalement centrées sur l'amélioration de l'habitat, les modèles de développement urbain et les transports (cf. § Transports p. 51) participent également à l'élaboration de connaissances et de techniques transférables au Sud.



## Bilan des actions conduites depuis Rio

### ■ Intégration des tendances et des facteurs démographiques à l'analyse globale des questions d'environnement et de développement

La Conférence internationale qui s'est tenue au Caire en 1994 a mobilisé la communauté scientifique sur le thème "population et développement". Deux grandes catégories d'études ont été conduites depuis, la première sur les aspects les plus cruciaux de cette question dans les pays en développement, la seconde sur les questions de population en France.

Dans les pays en développement, les domaines qui ont été privilégiés concernent la maîtrise des mouvements démographiques (croissance démographique, peuplement rural et croissance urbaine, mortalité des jeunes enfants, baisse de la fécondité), la diffusion et les impacts de l'épidémie du VIH/SIDA, l'éducation et l'emploi des jeunes, ainsi que la gestion des dynamiques rurales et urbaines. Sur le



territoire français ont été abordées les questions de relation de l'homme à son environnement, de vieillissement démographique, d'insertion des migrants étrangers, de pauvreté et d'exclusion.

- **Meilleure compréhension des liens entre dynamique démographique, technologie, comportement culturel, ressources naturelles et systèmes d'entretien de la vie**

Les recherches dans ce domaine ont porté sur l'analyse de la diversité des transitions démographiques dans les pays en développement, l'influence en Afrique des changements socioculturels sur l'évolution de la famille en milieu rural et urbain, l'analyse différentielle des causes et conséquences de la transition de la fécondité en Afrique et en Asie du Sud-Est, l'état de la santé et des stratégies sanitaires face aux nouvelles menaces (VIH/SIDA, recrudescence du paludisme). Suite à la Conférence de Pékin en 1995, les questions de genre ont en particulier fait l'objet de recherches, bien que de façon beaucoup moins systématique que dans les pays anglo-saxons. L'amélioration du statut des femmes n'est plus considérée comme un instrument des politiques démographiques mais comme un objectif en soi.

- **Analyse de la vulnérabilité humaine dans les zones écologiquement sensibles ou fortement peuplées**

Des études ont été menées sur la perception et la gestion des risques que font peser sur les populations et leur environnement les aléas naturels, des séismes aux éruptions volcaniques, le déplacement de populations ou l'installation de camps de réfugiés. L'analyse de la ressource espace a été abordée à travers celle des formes d'occupation et de partage des terres, en ville comme à la campagne.

L'extension des villes au-delà des dimensions traditionnelles, l'extension de l'habitat informel, les difficultés qu'il engendre, l'affrontement des droits coutumiers aux réglementations urbaines modernes ont fait partie des thèmes de recherche de même que la redéfinition des droits fonciers liée à la poussée démographique et à l'urbanisation, et aux revendications des communautés autochtones.

Le patrimoine naturel a fait l'objet d'études spécifiques. La réflexion a porté sur les créations de périmètres protégés, de parcs naturels, leurs conséquences pour la distribution des ressources de chasse et la préservation des espèces, les pondérations à trouver tant du point de vue de l'équilibre entre les espèces vivantes que de la répartition des ressources entre groupes sociaux souvent antagonistes, cultivateurs et éleveurs, exploitants des ressources minières et chasseurs-cueilleurs.

- **Dynamique de la pauvreté urbaine, environnement et politique de l'habitat**

La pauvreté urbaine est un phénomène multidimensionnel : pauvreté monétaire, pauvreté en termes de conditions d'existence (particulièrement logement et accès aux services publics), défaut de scolarisation et insuffisances nutritionnelles. Les données d'enquêtes sur les profils de pauvreté en Afrique de l'Ouest

permettent d'établir des corrélations entre le risque de pauvreté et un certain nombre de variables sociodémographiques : taille du ménage, âge, sexe et niveau d'éducation du chef de ménage. Par ailleurs, que ce soit en Inde, au Brésil ou en Afrique du Sud, l'extension des quartiers qualifiés d'informels (ou d'illégaux) contribue à la détérioration économique des ménages en interdisant ou en décourageant l'investissement, tout en augmentant parfois les risques de catastrophes naturelles. Dans cette situation, les questions de sécurité de la tenure foncière, d'équipement et de localisation des quartiers, sont stratégiques dans les politiques de lutte contre la pauvreté. Les recherches au Sud ont, par ailleurs, porté sur la préservation du patrimoine et de l'environnement urbain dans un contexte de croissance rapide des mégapoles liée à l'exode rural et à la poussée démographique.

L'effort de recherche en France a porté sur les modalités de requalification des quartiers d'habitat social et sur la prise en compte du développement durable dans la gouvernance urbaine. Parallèlement, des recherches plus prospectives se poursuivent pour l'identification d'indicateurs pertinents pour la conception et la gestion du parc bâti et de l'espace urbain. La gestion de l'espace souterrain, domaine-clé pour une politique de développement durable, a également fait l'objet de travaux sur des outils de modélisation à long terme de l'utilisation du sous-sol.

#### ■ La santé en ville

Outre les questions liées à l'insalubrité urbaine (déficits d'hygiène publique, défaut d'eau potable, pandémies), les recherches ont porté sur l'alimentation. Avec l'urbanisation et les changements dans les modes de vie et d'alimentation, les maladies chroniques liées à l'alimentation (obésité, diabète, maladies cardiovasculaires, certains cancers) longtemps l'apanage des pays industrialisés, se répandent très rapidement dans les pays à moyens et faibles revenus, et affectent une part croissante de leurs populations. Les politiques nutritionnelles ne sont pas en mesure de réguler efficacement ces maladies.

#### ■ Connaissance et prévention des risques naturels

En France et dans les pays du Sud, les recherches concernant les risques naturels ont porté sur les risques sismiques et volcaniques, sur les risques cycloniques et les tempêtes (avec en particulier la mise au point d'une méthodologie d'évaluation des impacts sur le parc bâti des tempêtes de décembre 1999 en France), sur l'interaction sous-sol/bâti, sur les inondations, sur les glissements de terrain et les cavités souterraines. L'ensemble de ces travaux visait à mieux faire connaître l'impact de ces risques sur le bâti et à en déduire des modalités de construction et de confortement optimisées.

#### ■ Maîtrise de l'énergie et de la qualité environnementale des bâtiments

Il s'est agi notamment du développement d'outils de conception et de calcul des performances énergétiques mis en œuvre dans la réglementation technique de la construction de bâtiments neufs, et du recours aux énergies nouvelles et renouvelables dans l'espace construit.



La décennie écoulée a été marquée par la conduite de nombreux travaux portant sur les impacts croisés de l'espace bâti (tant en phase de construction que dans les autres phases de son cycle de vie) et de l'environnement. Cela a permis la mise au point d'outils et de méthodologies portant sur l'analyse du cycle de vie des produits et matériaux de construction, la gestion des déchets de chantiers de construction et de démolition, la qualité environnementale des bâtiments. Dans le même temps, la question de l'impact de l'environnement intérieur des bâtiments sur la santé de leurs occupants a été abordée, notamment avec la mise en place d'un Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

## Perspectives et besoins de recherche

Les recherches sur les relations entre l'usage des ressources et les populations concernées tendent à montrer que le facteur démographique est loin d'être le seul à agir sur le développement et l'environnement. Plus que du volume et de la densité de leurs populations, l'action exercée sur les systèmes écologiques dépend du fonctionnement des sociétés - qu'elles soient riches ou pauvres -, de la perception de leur environnement, de la valeur qu'elles lui accordent et de leurs modes de production et de consommation.

La dynamique démographique actuelle est caractérisée par la tendance à la baisse de la fécondité et de la croissance naturelle des populations dans le monde. Cependant, la population de nombreux pays continuera à augmenter pendant encore quelques décennies du fait de l'inertie démographique. Les priorités en matière de recherche s'orientent donc vers les modalités d'accompagnement de ces évolutions démographiques dans les pays du Sud, de la mobilité qu'elles provoquent vers les villes de ces pays et des pays du Nord, et du vieillissement déjà engagé d'une partie de la population mondiale.

Par ailleurs, le fait que les milieux urbains soient plus largement soumis aux risques divers de malnutrition, mauvaise hygiène, maladies, insécurité, etc. pose d'importants problèmes en matière de logement, d'éducation, de santé. Mais certains considèrent, en revanche, que l'urbanisation contient les remèdes à ses propres déséquilibres. En effet, les situations sont très diverses et dépendent à la fois du niveau des infrastructures disponibles et de la maîtrise d'une organisation socio-économique urbaine toujours plus complexe où la question de la distribution démo-spatiale devient prépondérante. Les priorités de recherche s'orientent donc vers les questions globales liées à la gestion de la ville, plus déterminantes que celles de taille ou de croissance.

L'effort de recherche portera particulièrement sur six grandes thématiques.

### Interactions entre populations et environnements naturels contraignants

Les débats actuels sur les relations entre processus démographiques et états de l'environnement justifient que la recherche se positionne à partir d'études menées dans des milieux à fortes contraintes écologiques. Ces études, prenant pour objet le système population-environnement, viseront à éclairer les relations

dynamiques entre les pratiques d'utilisation des ressources et les modes de fonctionnement des sociétés rurales dans ces milieux. Trois approches sont ainsi privilégiées : les modes de gestion des ressources naturelles en relation avec la dynamique des systèmes écologiques, les stratégies des acteurs, l'impact des politiques publiques sur ces modes de gestion et ces stratégies.

### ■ Santé de la reproduction, fécondité et développement

Les conditions et les facteurs de la procréation et de la santé reproductive représentent des composantes essentielles du développement humain. Dans les conditions de vie actuelles de nombreux pays d'Amérique latine, d'Afrique et d'Asie, il est important d'identifier les grandes tendances de la fécondité et de la santé de la reproduction, et de mettre en évidence les changements de comportements relatifs à la santé reproductive et familiale et à la maîtrise individuelle de la fécondité. L'investigation pourra suivre trois grands axes : changements des comportements de santé de la reproduction et de la fécondité ; sida et santé sexuelle et reproductive ; transition de la fécondité, politique de la population et développement humain.

### ■ Mutations socio-économiques et migrations nationales et internationales

Les enjeux contemporains concernent autant les stocks et les flux migratoires proprement dits, que les effets de la mobilité, la reproduction de sociétés d'origine et des communautés immigrées, leur implantation, leur mode d'intégration, etc. La gestion sociopolitique des migrants devient aussi importante que leur gestion économique. Par-delà les études classiques de contribution des migrations de main-d'œuvre à la croissance économique, de la diversité et la complexification des formes de migrations liées aux différentiels économiques entre pays, et du développement des migrations féminines, il est de plus en plus nécessaire de développer des réflexions articulées autour de corrélations entre les phénomènes migratoires et le développement durable, la transformation des espaces ruraux, l'identité culturelle et religieuse, les nationalités, les minorités ethniques, etc. Ces recherches, qui concernent à la fois les pays du Sud et les pays du Nord, devraient s'inscrire par exemple dans un cadre liant pauvreté rurale et urbaine, et abordant les questions des migrations aux échelles locale, régionale et internationale.

### ■ Dynamiques urbaines et gestion des risques environnementaux

L'évolution de l'urbanisation à l'échelle planétaire se caractérise par l'émergence de grandes métropoles aux dynamiques singulières. Avancer dans la compréhension des mutations sociales et spatiales à l'œuvre dans les métropoles des pays en développement nécessite d'adopter une approche qui prenne en compte les pratiques des citoyens dans leurs articulations avec celles des autres acteurs sociaux, économiques et politiques qui produisent la ville.

Il s'agit tout d'abord d'étudier les mobilités des populations citadines (types de mobilité, flux, trajectoires migratoires, pratiques spatiales multilocales, logiques des réseaux de migrants), et leurs rapports avec l'émergence de nouvelles orga-

nisations des territoires urbains, de leur usage et de leur gouvernement (frontière de l'urbain, ségrégation résidentielle, différenciations sociales et culturelles de l'espace et intégration, gestion de la ville).

Il s'agit aussi d'étudier l'environnement urbain, en relation avec les notions de patrimoine et de risque : identifier les nouvelles pratiques, les politiques et les modes de gestion induits par les préoccupations environnementales, au carrefour des représentations, des usages du sol, des processus de valorisation et de conservation du patrimoine urbain, des systèmes matériels (naturels, artificiels et technologiques) et de leur fonctionnement propre.

Il s'agira de développer la connaissance sur les impacts potentiels des changements climatiques sur les infrastructures et le parc bâti pour en déduire des pistes pour la prévention des risques. Par ailleurs, il faudra utiliser l'observation spatiale pour la compréhension des aléas, la détermination des vulnérabilités des populations ou encore la gestion des crises après une catastrophe (aide à l'évaluation des dégâts, en particulier pour les zones les plus éloignées, mise en place rapide de réseaux de communications et d'intervention efficaces).

### ■ Qualité de l'habitat des pays du Sud

Des outils de conception et des solutions techniques à coût "modéré" devront être développés. Celles-ci seront fondées sur la valorisation des savoir-faire spécifiques et des ressources locales, permettant d'aboutir à un arbitrage pertinent et acceptable par les populations entre performances du bâti et mobilisation des ressources (techniques, matériaux, compétences disponibles, financement).

L'objectif poursuivi est l'obtention d'un niveau de confort et d'hygiène significativement amélioré. Il faudra, par ailleurs, mettre au point des solutions robustes, autonomes et fiables d'alimentation (eau, énergies nouvelles et renouvelables...) et d'évacuation (assainissement, déchets...) adaptées aux conditions physiques et économiques des pays en voie de développement. La connaissance des impacts du bâti sur la santé et l'élaboration de solutions adaptées pour améliorer la qualité d'hygiène dans l'espace habité est aussi nécessaire.

### ■ Gestion urbaine intégrée

Il faudra poursuivre les recherches sur la préservation de l'environnement urbain dans le contexte de la mégalopolisation, sur la mobilité intra-urbaine, l'impact des modes de transport, les problèmes spécifiques nés de l'urbanisation anarchique (déficit en équipements collectifs, gestion des déchets, contrôle des nuisances, pollution de l'eau) ainsi que sur les réponses offertes par les nouveaux modes de gouvernance (nouvelles articulations entre la sphère publique et les sphères privées) conduisant à une gestion intégrée de la ville.



## Santé et développement durable

La promotion de la santé est l'un des objectifs fondamentaux du développement et le développement durable est impossible si l'on ne s'attaque pas aux causes des troubles de la santé et de leurs effets sur le développement. Il importe tout particulièrement de mettre en place des programmes préventifs plutôt que de se contenter de mesures correctives et curatives. La plupart des facteurs déterminants de maladies, et leurs solutions, échappent au contrôle direct du secteur de la santé et dépendent de secteurs touchant l'environnement, l'eau et l'assainissement, l'agriculture, l'emploi, les modes de vie urbains et ruraux, le commerce, le tourisme, l'énergie et le logement. Tenir compte des facteurs sous-jacents de la santé est essentiel pour garantir son amélioration durable. Des mesures aux niveaux local, national et mondial sont nécessaires pour faire face à l'incidence de ces facteurs généraux sur la santé.



### Protection de la santé

Le principal objectif est de promouvoir la santé des personnes de tout âge, de mettre au point des programmes, ou d'améliorer ceux qui existent déjà, pour trouver un traitement spécifique et une protection contre les principales maladies transmissibles et non transmissibles. Les grandes pathologies persistantes ou ré-émergentes incluent les maladies infectieuses ainsi qu'un ensemble d'affections liées au vieillissement des populations et à l'environnement comme les maladies cardio vasculaires, les maladies pulmonaires et des voies aériennes (bronchite chronique, cancers, asthme) aggravées sinon déterminées par la pollution industrielle et automobile, les maladies neurologiques inflammatoires et ou dégénératives et les maladies inflammatoires, immunologiques et métaboliques.

#### ■ Lutte contre les maladies transmissibles

La croissance démographique rapide, les fortes densités de population dans certaines parties du monde, les mouvements migratoires d'individus ou de groupes, et l'urbanisation massive représentent des facteurs aggravants du risque microbien. Des progrès dans la mise au point de vaccins et de substances chimiothérapeutiques ont permis d'enrayer nombre de maladies transmissibles. Les priorités de recherche sont la lutte contre les maladies virales (hépatites, grippe, sida, rage, poliomyélite, fièvres hémorragiques...), les maladies bactériennes (tuberculose, coqueluche, méningites, choléra, maladies diarrhéiques...) et les maladies parasitaires (paludisme...).

Les chercheurs étudient la diversité génétique des virus (mutants, nouveaux virus émergents) et des pathogènes qui agressent les populations des pays du Sud. C'est "grâce à la biodiversité" que des souches hémorragiques de fièvre Dengue sont apparues, que les vaccins contre les virus du sida sont difficiles à développer, que les virus Ebola posent l'énigme de leur origine, que des variants de virus connus deviennent de véritables fléaux, que les tableaux cliniques changent avec l'évaluation des virus. Mais, l'homme joue aussi un rôle avec un patrimoine génétique unique qui le rend plus ou moins sensible aux maladies infectieuses.

Le désenclavement de zones jusque-là isolées entraîne de multiples contaminations, comparables aux transferts infectieux lors de la découverte des nouveaux mondes telles que la diffusion du sida et de la tuberculose, les fièvres dues aux hantavirus, filovirus et autres virus émergents. Les chercheurs participent aussi à une réflexion sur l'impact des modifications climatiques sur la dynamique des populations de rongeurs et le profil des populations de vecteurs, et partant sur les évolutions épidémiologiques.

Dans l'objectif de faire reculer le paludisme, l'étude de la biodiversité des populations parasitaires et le séquençage du génome du moustique anophèle représentent des moyens qui, associés à la recherche sur le terrain, devraient aboutir au contrôle de la transmission du paludisme. Un autre objectif est d'enrayer la résurgence de la tuberculose, en s'attachant en particulier aux formes résistantes aux antibiotiques multiples. Les priorités de la recherche sont d'accélérer la mise au point de futurs vaccins antituberculeux, d'optimiser la surveillance de la résistance, d'identifier les foyers potentiels de transmission des souches multirésistantes, d'identifier de nouveaux marqueurs génétiques pour la résistance aux antibiotiques et de développer et valider de nouvelles techniques de détection. Le séquençage total du génome du bacille de la lèpre a été réalisé et apporte de grands espoirs, notamment, pour le dépistage précoce de la maladie et la mise au point de nouveaux traitements. La Direction générale de la santé (DGS) a élaboré une stratégie de prévention de l'infection VIH-SIDA en France pour les années 2001-2004 afin d'enrayer les risques de diffusion et de reprise épidémique. La Fondation mondiale Sida finance des programmes d'éducation et de recherche pour permettre aux pays en développement de mieux répondre à la pandémie VIH-SIDA.

## ■ Lutte contre les maladies non transmissibles

De nombreux problèmes de santé sont causés ou aggravés par la pollution de l'air et de l'eau, le bruit, l'entassement, l'insuffisance des ressources en eau, un mauvais assainissement, l'élimination non adéquate des déchets, la contamination d'origine chimique, les risques d'empoisonnement et les risques physiques liés à la croissance de villes à forte densité de population. La pollution atmosphérique continue d'être une cause principale de maladies respiratoires et autres troubles, particulièrement chez les enfants (asthme et infections respiratoires aiguës), les femmes et les personnes âgées (troubles respiratoires chroniques).

Des recherches sont développées sur le traitement de fond prophylactique et/ou thérapeutique des affections allergiques, et plus particulièrement de l'asthme. La recherche porte également sur d'autres pathologies comme certains cancers, des maladies génétiques et neurodégénératives.

Il faut offrir une assistance financière et technique aux pays en développement et à ceux dont les économies sont en transition pour les aider à éliminer progressivement le plomb de l'essence, à réduire la teneur en soufre et en benzène des combustibles et à diminuer le nombre de particules présentes dans les gaz d'échappement des véhicules. Le lancement de programmes régionaux visant à améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des locaux, notamment en remplaçant les combustibles traditionnels issus de la biomasse et le charbon par des combustibles propres d'un prix abordable est, par ailleurs, indispensable.

## ■ Développer la vaccination et de nouvelles générations de vaccins

L'administration systématique et massive de vaccins contre différents agents pathogènes a permis de lutter efficacement contre certaines maladies infectieuses (diphtérie, tétanos, coqueluche, rougeole, tuberculose et poliomyélite). Cependant, aucune protection par la vaccination n'est encore possible contre certaines infections respiratoires aiguës, des maladies diarrhéiques de l'enfance, la lèpre, des maladies virales comme le sida ou l'hépatite C ou bien encore des maladies parasitaires tropicales comme le paludisme, la bilharziose, la maladie du sommeil. De plus, l'accroissement de la résistance des microorganismes aux médicaments et l'apparition inopinée de nouveaux microbes pourraient empêcher de faire obstacle aux maladies infectieuses. Les objectifs sont d'accélérer la recherche sur des vaccins améliorés et d'utiliser aussi largement que possible des vaccins pour prévenir des maladies. Dans ce contexte, la nouvelle génération de vaccins actuellement en cours de développement est un enjeu particulièrement crucial. De nouvelles technologies sophistiquées et le développement des connaissances, notamment en biologie moléculaire, en génomique et en immunologie, viennent renforcer la vaccination pour améliorer certains des vaccins existants ainsi que leur mode d'administration et en élaborer de nouveaux. Un nouveau pan de l'histoire de la vaccination s'est ouvert avec la recherche, en plein essor, de vaccins contre les cancers. La GAVI (*Global Alliance for Vaccines and Immunisation*) a pour but de promouvoir la vaccination des enfants dans les pays pauvres, ainsi que la recherche et développement de nouveaux vaccins.

L'exploration de substances naturelles à effet thérapeutique tirées de la pharmacopée traditionnelle, de l'exploration systématique des plantes existantes, exploitées ou non, et de l'inventaire des fonds marins, vise par ailleurs à identifier de nouvelles lignes de molécules, rendues indispensables pour remédier aux résistances croissantes des agents pathogènes aux antibiotiques.

## ■ Epidémiologie et veille microbiologique

Dans un contexte d'émergence ou de ré-émergence des maladies infectieuses, il devient vital de comprendre les mécanismes qui conditionnent l'apparition d'une situation épidémique. Cette connaissance de la genèse des maladies est nécessaire à la mise en place de toute action de prévention. Les mécanismes d'émergence sont souvent liés à la génétique des souches virales, à leur biodiversité mais aussi à des facteurs déclenchant d'origine anthropique et/ou environnementale. Il s'agit par exemple du déplacement de sujets non immuns en zone d'endémie ou, inversement de l'introduction de sujets infectieux dans une population n'ayant jamais été en contact avec l'agent, des voyages internationaux, du commerce des denrées alimentaires et des animaux, des modifications des technologies de l'alimentation (farine de viandes et d'os pour l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine, antibiotiques chez l'animal et résistance chez l'homme...), des changements climatiques, de la déforestation, de la guerre et de ses conséquences, des difficultés socio-économiques... Par ses développements, le système de santé peut favoriser la transmission d'agents infectieux (infection à VIH ou VHC et transfusion, infections nosocomiales), mais surtout l'effondrement d'un système de santé public structuré (services de vaccination en particulier) du fait de difficultés ou troubles sociaux est un grand pourvoyeur de ré-émergence ou d'émergence grave.



Les modifications de l'hôte sont tout aussi importantes, en particulier celles qui modifient sa susceptibilité aux infections soit du fait de l'âge, de maladies intercurrentes ou de traitements immunosuppresseurs. L'augmentation des antibiothérapies a un impact direct sur la résistance des microbes aux thérapies usuelles.

La veille microbiologique est très importante pour détecter au plus tôt les nouvelles menaces infectieuses pour la santé publique. Il convient donc en tout premier lieu de disposer d'une infrastructure de santé publique performante et réactive dont la responsabilité incombe au ministère chargé de la Santé et de disposer d'une capacité de surveillance et d'investigation épidémiologique et microbiologique opérationnelle et à visée décisionnelle de haut niveau scientifique et mobilisable à tout moment. En France, l'Institut national de veille sanitaire a pour missions de surveiller l'état de santé de la population, d'alerter les pouvoirs publics de toute menace pour la santé de la population et d'étudier, dans une optique d'aide à la décision, les déterminants des modifications des tendances et de la survenue des menaces. Dans le domaine des maladies infectieuses, il coordonne la surveillance des maladies infectieuses, assure une veille prospective sur les risques infectieux émergents, met en œuvre des investigations d'épidémies ou de phénomènes inhabituels qui peuvent représenter un risque pour la santé. Les objectifs de la recherche sont d'identifier la source, le mode de transmission et les facteurs de risque et l'évolution potentielle du problème afin de proposer à l'autorité sanitaire des mesures de prévention et de contrôle scientifiquement argumentées. Les équipes de recherche fondamentale ainsi que les observatoires microbiologiques au service des structures de santé publique (centres nationaux de référence, centres collaborateurs de l'OMS) participent à l'effort de veille microbiologique internationale par leur expertise et leur connaissance des pathologies locales.

De nouvelles approches ont émergé ces dernières années, complémentaires de celles qui précèdent. Elles partent de l'application de l'écologie scientifique à des questions de santé publique, et de la possibilité d'utiliser la compétition interspécifique comme une voie thérapeutique minimisant le recours aux médicaments ; elles tentent également de comprendre les conditions dans lesquelles des microorganismes très répandus deviennent subitement pathogènes, comme, par exemple, les méningocoques ou les vibrions. Ces recherches, qui en sont à leur début, se révèlent très prometteuses, notamment pour la compréhension de l'émergence de nouvelles maladies.

La biodiversité est aussi d'une grande importance pour la santé, en raison des vecteurs de maladies qui en sont issus, comme des médicaments qui en proviennent. Elle l'est également en raison de l'accroissement des connaissances sur les possibilités qu'offre l'écologie pour la compréhension des compétitions ou symbioses qui sont à l'œuvre dans les pathologies, les résistances aux traitements : les recherches sur les relations entre biodiversité, santé et environnement sont porteuses de nouvelles stratégies thérapeutiques. C'est pourquoi plusieurs organismes et universités sont impliqués dans cette voie.

## ■ Hygiène et environnement

La santé dépend de la capacité de gérer, de façon satisfaisante, l'interaction entre le cadre de vie et l'environnement biologique, économique et social. Le secteur de la santé dépend d'un environnement sain, et notamment de l'approvisionnement

en eau salubre, de l'assainissement et de la promotion d'une alimentation saine et d'une nutrition appropriée.

L'environnement est une composante transversale des recherches sur la santé ; elle implique déjà de nombreux chercheurs, tant dans les domaines touchant à la santé publique en épidémiologie, biostatistique, biomathématique et en sciences économiques et sociales, que dans des domaines plus fondamentaux de la microbiologie ou de la toxicologie. La recherche dispose d'atouts considérables en ayant développé des plates-formes épidémiologiques (cohortes, réseau Senti-nelles) qui contribueront à rassembler des chercheurs autour de trois axes de recherche principaux : le climat et la santé, la pollution et la santé, et les risques sanitaires environnementaux.

La sécurité alimentaire et l'insalubrité de l'eau sont deux grandes priorités de la sécurité sanitaire environnementale, dans le cadre d'un développement durable. En effet, la médiocrité des conditions d'assainissement et une mauvaise hygiène sont à l'origine d'une grande partie des problèmes de santé et des maladies que l'on rencontre dans le monde en développement : paludisme, choléra, fièvre typhoïde, hépatite A, dysenterie, onchocercose (appelée communément cécité des rivières), schistosomiase, intoxication par l'arsenic ou le plomb et dengue, pour citer quelques exemples particulièrement emblématiques. Près de 30 % de la population mondiale souffrent d'une ou plusieurs des formes de la malnutrition. Parallèlement, les pays développés ainsi que certains pays en développement ont connu un accroissement des maladies liées à une suralimentation et à une vie sédentaire. Les intoxications de la population du globe au tabac, à l'alcool et aux autres drogues illicites ont des conséquences sanitaires et économiques considérables et sont rarement placées en tête des priorités des politiques de santé. A l'échelle internationale, les programmes axés d'abord sur la mise en œuvre de politiques de prévention des principaux risques sanitaires environnementaux devront être privilégiés et renforcés.

Face aux risques sanitaires liés aux produits de santé et aux produits alimentaires, le concept de sécurité sanitaire s'est considérablement développé et harmonisé ces dernières années. L'Etat français a renforcé les dispositifs de sécurité sanitaire avec la création en 1998, du Comité national de sécurité sanitaire, de l'Institut de veille sanitaire et de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), puis en 2001 de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement (AFSSE). Une meilleure mise en œuvre du principe de précaution a été voulue avec la création du Comité de prévention et de précaution en 1996 qui a pour objet la veille et l'alerte sur les questions d'environnement susceptibles d'avoir des incidences sur la santé humaine. L'Europe joue un grand rôle dans l'harmonisation des politiques de sécurité des médicaments (Agence européenne à Londres) et alimentaires (création d'une agence de sécurité des aliments dans les prochains mois).

La sécurité sanitaire environnementale vise à agir sur l'environnement en amont des impacts sanitaires liés à la dégradation des milieux et des équilibres écologiques. Actuellement, en dehors du problème majeur posé par le tabagisme, la question des risques sanitaires liés à l'environnement se pose de plus en plus pour des expositions chroniques et multiples à des quantités de polluants faibles (pesticides), voire très faibles (dioxines). Les sources de dangers sont également diverses, mobiles et diffuses (industrie, activités professionnelles, transport, agriculture...).



L'interface entre la santé et l'environnement n'a probablement pas été suffisamment favorisée dans les grands organismes de recherche, malgré plusieurs programmes incitatifs directement conduits par les ministères concernés.

## Objectifs à long terme et priorités d'action dans le domaine de la santé publique

Il convient désormais de mieux structurer l'approche "environnement, développement et santé" au sein de la recherche française en ciblant des priorités - c'est l'objectif de l'action thématique concertée qui réunira différents partenaires dès 2002 -, et de favoriser l'émergence et la constitution de réseaux d'excellence sur le territoire national, pour préparer les équipes à s'investir dans la compétitivité européenne, dans le cadre du 6<sup>e</sup> PCRD (2002-2006).

Quatre grands axes sont prioritaires :

- **Climat et santé.** Dans le monde, les travaux publiés sur les impacts relatifs aux variations climatiques sur la santé sont encore rares. Il s'agit principalement de travaux anglo-américains sur les maladies à moustiques en Afrique et en Asie du Sud-Est, ou sur le choléra au Bangladesh. D'autres études ont été publiées sur l'effet d'El Niño sur le choléra en Amérique latine. Aucun travail n'a été publié sur les conséquences des variations climatiques sur les pathologies des pays tempérés. La France et l'Europe peuvent investir davantage ce créneau qui nécessite d'importants moyens pour pouvoir fournir des instruments d'alerte précoce dans les domaines des pathologies transmissibles ou environnementales.
- **Pollution et santé.** Parmi les objectifs prioritaires figurent : la réduction des risques de contamination des produits alimentaires ; l'étude des impacts des différentes sources de pollutions chimiques, biologiques... ; l'instauration de politiques globales et durables de gestion de l'eau visant à assurer la fourniture d'une eau potable salubre et de bonnes conditions d'hygiène de manière à prévenir la contamination d'origine microbienne et chimique ; la promotion de l'éducation sanitaire, de l'immunisation et de la fourniture de médicaments essentiels. Les actions devront cibler la couverture sanitaire des groupes de population les plus déshérités.

■ Sécurité sanitaire environnementale.

Le développement durable nécessite un haut niveau de maîtrise de la sécurité sanitaire, en tout premier lieu dans le domaine de l'environnement. L'étude des risques alimentaires, des risques liés à l'eau, des risques et des bénéfices liés à l'utilisation des OGM contribuera à un meilleur éclairage des citoyens et des décideurs. L'étude des risques toxiques environnementaux pour la santé doit aussi être renforcée. L'adaptation de la recherche et des transferts technologiques aux conditions de l'environnement doit permettre le développement de plates-formes technologiques accompagné d'une démarche qualité, de formations et de la mise en place de normes européennes ou internationales strictes notamment dans le domaine de l'hygiène agroalimentaire. Il est crucial de mettre en place l'évaluation médico-économique des risques, avec une approche orientée sur la perception et la dimension organisationnelle de la construction des risques.

■ Développement et santé dans les pays du Sud.

La coopération scientifique ainsi que la formation des compétences doivent être renforcées dans les pays du Sud. La recherche pour un développement durable doit être promue et menée de façon équitable et synergique entre les pays industrialisés et les pays en développement. Les recherches concernant les régions du Sud ou servant le développement doivent obéir aux règles fondamentales d'éthique et réclament une participation active (ressources humaines et matérielles) des pays qui en sont partie prenante. Elles imposent un engagement fort et durable des pays les plus riches de la planète.

La recherche en appui aux politiques publiques mérite d'être renforcée.

■ Santé publique

■ Élaborer des programmes visant à définir les facteurs liés à l'environnement et au développement susceptibles de déclencher les épidémies de maladies transmissibles ou de pathologies spécifiques.

■ Mettre en place des systèmes de surveillance des données épidémiologiques ou renforcer les systèmes existants permettant de détecter précocement l'apparition, de suivre la propagation ou l'aggravation de maladies transmissibles ou liées à l'environnement, comme l'asthme et d'en prévoir l'évolution.

■ Mettre au point de nouveaux vaccins pour la prévention de maladies transmissibles.

■ Renforcer les programmes de dépistage (notamment des cancers) et améliorer les moyens de prévention et de traitement précoces.

- Identifier les facteurs écologiques qui interviennent dans la propagation de maladies transmissibles ou environnementales.
- Prendre des mesures pour prévenir et combattre les maladies transmissibles ou environnementales : surveillance de l'approvisionnement en eau et des conditions d'hygiène, lutte contre la pollution de l'eau et de l'air, contrôle de la qualité des aliments.
- Diffuser des informations sur les dangers des maladies transmissibles et environnementales endémiques et sur les méthodes écologiques de lutte contre les maladies transmissibles et environnementales en vue de permettre aux collectivités de jouer un rôle dans cette action.
- Organiser la fourniture d'une assistance technique notamment par la mise en commun des connaissances et des retours d'expérience.

## ■ Organisation de la recherche

- Intensifier et élargir la recherche pluridisciplinaire, notamment sur les moyens d'atténuer les effets des maladies tropicales et de les combattre par une action sur le milieu.
- Mener des études sur les moyens d'intervention afin d'asseoir l'action préventive sur une base épidémiologique solide et d'évaluer l'efficacité d'autres options.
- Entreprendre des études parmi la population et les agents sanitaires pour déterminer l'influence de facteurs culturels, comportementaux et sociaux sur la production de santé et les actions de prévention.
- Renforcer l'expertise, la veille et la recherche notamment en toxicologie environnementale qu'elle soit malveillante ou non.

### Notes

1 - La déclaration de Rio rappelle que "l'élimination de la pauvreté et la réduction des inégalités entre les peuples sont les conditions essentielles d'un développement qui satisfasse durablement les besoins de la majorité des habitants de la planète".

2 - La Communauté internationale a fait sienne au cours du Sommet du Millénaire, en septembre 2000, l'engagement de réduire de moitié, à l'horizon de 2015, la proportion de la population vivant dans l'extrême pauvreté, c'est-à-dire avec moins d'un dollar par jour.

3 - On dispose ainsi de nombreux exemples tant dans les négociations internationales - sur la biodiversité tout particulièrement, mais également sur le climat - ou dans des dispositifs très locaux (dans les zones de forêt en particulier), de polarisation des oppositions Nord-Sud, car l'optique de préservation peut y apparaître comme un déni de droit au développement. Les grands opérateurs, comme les ONG environnementalistes, n'ont d'ailleurs pas toujours agi dans le sens de la gestion durable mais plutôt - ne serait-ce que parce que c'est plus simple - dans le sens strict de la conservation.

4 - Même si ces réseaux sociaux sont hiérarchisés et fonctionnent souvent au bénéfice de ceux qui sont à leur tête.

5 - Le nombre de pauvres et la définition du seuil de pauvreté sont un enjeu politique important pour les Etats qui produisent les statistiques et ce phénomène risque de s'accroître avec une conditionnalité de l'aide de plus en plus liée à la réduction de la pauvreté. Dans ce contexte, il y a par exemple un risque que la diminution de la pauvreté soit liée au passage de pauvres situés juste au-dessous du seuil au-dessus de celui-ci, au besoin au prix de l'aggravation de la situation de ceux qui sont loin du seuil.



# Modes de consommation et de production durables

Après la conférence de Rio, les politiques environnementales de réduction des rejets ont pris une nouvelle dimension. L'époque des politiques thématiques et segmentées de protection des milieux physiques (eau et air) et de maîtrise des activités industrielles (installations classées, déchets) a peu à peu cédé le pas à des démarches volontaristes de gestion intégrée de l'environnement tant au plan des produits (écolabels) que des sites de production (certification environnementale), et même des territoires. Les organismes de recherche ont poursuivi leurs travaux sur la fixation des seuils de rejets, la mise au point de nouvelles technologies de réduction des émissions, et le traitement et la valorisation des déchets. Mais cette approche technique de l'environnement s'est intégrée dans des stratégies de gestion de systèmes plus globales. Cette nouvelle dimension conduit à revisiter les technologies environnementales à travers une pleine prise en compte des réponses préventives, et donc des modes de production, et dans un souci d'optimisation générale.



L'émergence du problème global de l'accroissement de l'effet de serre a marqué les dix dernières années. Par sa dimension planétaire, ses enjeux environnementaux majeurs et ses implications au plan des relations internationales, ce problème est devenu emblématique pour le développement durable. Il oblige à repenser la gestion de l'énergie et les sources mobilisées, les modes de production, les besoins et les modes de consommation.

De tous les secteurs d'activité en cause, celui des transports est un enjeu prépondérant particulièrement difficile à maîtriser. Le recours aux voitures pour les déplacements individuels et aux camions pour les livraisons de marchandises se traduit par une accumulation de problèmes d'environnement en milieu urbain et sur certains axes internationaux saturés. Les transports internationaux, notamment maritimes, suivent cette même évolution dans un contexte peu contrôlé. Si le secteur des transports a bénéficié de très sensibles progrès technologiques acquis au cours de la décennie écoulée, ces gains ont été largement dégradés par l'évolution des comportements de conduite et de la demande de déplacements et de transports. La recherche de nouveaux modes de communication et de nouvelles organisations de transport est une des clés d'accès au développement durable.

Le glissement des approches traditionnelles de la protection de l'environnement vers des approches intégrées de développement économique, écologique et social s'est traduit par une large contribution des sciences humaines. Les analyses sur l'internalisation des coûts environnementaux, sur les mécanismes économiques de régulation des émissions, sur la valeur des biens environnementaux ont sensiblement modifié les rapports entre environnement et économie au profit d'une vision synergique actuellement largement partagée. Les études en sciences sociales ont explicité les mécanismes de mise en œuvre des choix de filières ou d'implantations d'équipements et d'installations et de fait, la nécessité d'évoluer vers de nouvelles formes de gouvernance et de concertation. De façon liée, des réflexions tendent à se développer sur l'articulation des recherches sur les risques collectifs et celles s'inscrivant dans les perspectives du développement durable.

Cette trajectoire des pays industrialisés est soutenue par de nombreuses innovations et améliorations technologiques, dont une bonne partie est tout à fait transférable aux pays en développement. Toutefois, les analyses prospectives montrent que les scénarios tendanciels même pondérés ne font généralement que réduire l'ampleur des atteintes à l'environnement. Le problème des comportements de consommation et de l'accroissement de la mobilité et des transports reste entier. Des schémas privilégiant la satisfaction des besoins par les services semblent se développer peu à peu. Ils pourraient sensiblement accroître l'efficacité des actions dites de maîtrise par la demande.





## Les grands enjeux énergétiques

Le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement sont des composantes interdépendantes du développement durable. Une croissance économique soutenue est essentielle aux pays en développement qui doivent améliorer le niveau de vie de leur population tout en préservant l'intégrité de l'environnement.

L'énergie est au cœur du développement durable, car le droit à une énergie suffisante et peu coûteuse conditionne le bien-être et le développement économique et social. Actuellement, la consommation moyenne d'énergie par habitant des pays industrialisés est 20 fois supérieure à celle des pays en développement. Dans les prochaines décennies, la demande d'énergie augmentera très fortement dans les pays émergents (Asie et Amérique du Sud) du fait de l'accélération de la croissance démographique, de l'urbanisation et de l'industrialisation. La pression exercée sur les ressources naturelles, déjà considérable, ne pourra donc qu'augmenter. Cette augmentation prévisible de la demande est potentiellement une source majeure d'impacts environnementaux. L'accroissement des émissions de gaz à effet de serre et les changements climatiques qui en résulteraient sont donc au premier plan des négociations internationales en cours.

Face à un tel enjeu, de grandes options stratégiques se dessinent. Elles combinent une efficacité énergétique renforcée et une diversification de l'offre en termes de ressources mobilisées et de systèmes énergétiques locaux pour une gestion fine de l'équilibre offre/demande. Ces options énergétiques s'intègrent dans un ensemble plus vaste impliquant le renforcement des fonctions "puits de carbone" et le stockage de CO<sub>2</sub>.

Le protocole de Kyoto et les accords au sein de l'Union européenne se traduisent pour la France par l'obligation de ne pas dépasser, en moyenne sur les cinq années 2008-2012, les niveaux d'émissions de gaz à effet de serre de 1990. Le fait que cette stabilité ait été à peu près acquise pour la décennie 1990-2000 ne doit pas tromper : le respect de cet engagement sera difficile et justifie pleinement la dynamisation des politiques d'efficacité énergétique, dynamisation qui passe à la fois par la définition de politiques publiques et par des efforts sensibles en matière de recherche et développement.

La décision de relancer en France une politique publique active dans le domaine de la maîtrise de l'énergie a été prise par le Gouvernement en 1998, à travers une dotation supplémentaire pour la promotion de l'efficacité et de la maîtrise énergétique, et renforcée par l'adoption du Plan national de lutte contre le changement climatique, puis d'un nouveau Plan national d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Concrètement, les effets attendus de cette politique de long terme sont d'abord de limiter la dépendance énergétique du pays, de préserver ses capacités de choix énergétiques pour le futur et de limiter les émissions de polluants atmosphériques.



## La consommation d'énergie

L'utilisation rationnelle de l'énergie et la maîtrise par la demande sont des objectifs majeurs des politiques énergétiques dans les pays industrialisés. Si les consommations intermédiaires au sein des processus industriels ont été largement maîtrisées, les consommations finales des ménages (logement, électroménager, transports...) restent une source de préoccupation. Pour autant, les technologies associées à ces consommations finales des ménages ont été sensiblement améliorées en termes d'efficacité énergétique. L'isolation en habitat collectif ou individuel a été l'objet d'efforts soutenus et source d'innovations ainsi que les installations et équipements électroménagers, l'éclairage avec la diffusion des lampes basse consommation. Depuis quelques années, les projets de recherche intégrant plusieurs dimensions environnementales, comme la qualité de l'air intérieur avec la gestion de l'énergie et la conception de l'enveloppe du bâtiment, sont privilégiés.

Ces efforts centrés sur l'offre sont adossés à des actions tournées vers la demande. Ces actions combinent des dispositifs de sensibilisation et d'information (Point information énergie, équipes ressources au sein des associations professionnelles, des centres techniques, des chambres consulaires...) et des dispositions incitatives au titre des études techniques (diagnostics et études de faisabilité), voire dans certains cas des mesures limitées d'aide à l'investissement (subventions, avantages fiscaux...). Tous les opérateurs économiques sont ciblés, les entreprises comme les collectivités locales et les particuliers. Les organismes de recherche ont participé à l'élaboration des méthodes et valeurs de références et au développement de nouvelles méthodes d'ingénierie et d'aménagement du territoire.

Au plan international, la diversification de l'offre d'énergie couplée à des mesures publiques incitatives donnent à la France une opportunité historique pour faciliter l'accès à l'énergie des pays en développement. Par exemple, les systèmes photovoltaïques autonomes (modules et batteries de stockage) ou les éoliennes sont associés à des sociétés de service pour l'électrification rurale décentralisée. Dans les zones volcaniques, la géothermie peut, par ailleurs, constituer une production électrique significative en base pour les réseaux (Amérique centrale, Caraïbes, Afrique de l'Est, Indonésie et Philippines...).

L'enjeu est essentiel notamment en termes de collaboration internationale et de rééquilibrage Nord-Sud, de réduction des émissions potentielles de gaz à effet de serre et d'innovations technologiques (liées, par exemple, au monde du courant continu). Une telle démarche s'inscrit bien dans la perspective de mise en place en 2002 d'une initiative européenne pour favoriser la coopération Nord-Sud dans le domaine de l'énergie, qui devrait insister sur l'approvisionnement de sources d'énergie fiables et l'amélioration de l'efficacité énergétique.



## La production d'énergie

Au plan de la production d'énergie, un premier objectif visant à rendre opérationnelles les énergies renouvelables a été atteint. Toutes les sources renouvelables ont bénéficié de cet élan soutenu par de nombreux développements technologiques.

En production décentralisée d'électricité, l'énergie photovoltaïque propose des systèmes autonomes pour l'électrification hors réseau tant en sites isolés qu'en milieu urbain. L'énergie éolienne propose des applications moyenne puissance en sites isolés comme des applications en fermes éoliennes raccordables au réseau. Elle vise les fortes puissances en applications off-shore. La biomasse propose des carburants de substitution (et des additifs) à partir de plantes amyloacées ou oléagineuses ainsi que des combustibles gazeux ou solides à partir de matières organiques résiduelles. Le solaire thermique peut alimenter les bâtiments en eau chaude. La géothermie alimente des réseaux de chaleur et vise à diversifier ses applications ainsi que ses ressources économiquement mobilisables. Il s'agit maintenant de créer les conditions de leur développement là où elles expriment au mieux leurs avantages.

Parallèlement, la recherche technologique s'est concentrée sur les procédés énergétiques génériques. La co-génération ouvre la voie à des systèmes énergétiques mixtes chaleur/ électricité et élargit les applications des sources primaires de chaleur et de combustibles. Le stockage de l'énergie et particulièrement de l'électricité assure la nécessaire régulation entre production et consommation et permet d'envisager l'hybridation des véhicules automobiles. Les échangeurs de chaleur, la variation électronique de vitesse, la gestion centralisée de l'énergie, etc., ont aussi contribué à améliorer l'offre en efficacité énergétique au cours des dernières années.

Enfin, des alternatives plus radicales ont été mises en chantier. La plus significative est le développement des piles à combustibles associées à des filières de production d'hydrogène à partir de sources d'énergie non fossiles.

De nombreux travaux de recherche et développement sont encore nécessaires pour couvrir l'offre d'énergie à partir de ressources durables et écologiquement rationnelles. Ces travaux visent la compétitivité économique par amélioration de l'efficacité des rendements de conversion, la réduction des coûts de production, l'élargissement des contextes d'applications. Ils visent aussi à valider ou améliorer l'efficacité environnementale, particulièrement en réduisant le contenu carbone des filières ou toute autre forme d'impacts environnementaux susceptibles de limiter les possibilités de diffusion.

Les principaux axes de recherche concernent :

- l'énergie photovoltaïque, en vue d'améliorer les rendements de conversion, d'abaisser les coûts de fabrication des modules photovoltaïques et d'optimiser la gestion d'un système énergétique complet ;
- l'énergie géothermique, en vue d'élargir les domaines d'exploitation de cette ressource actuellement limitée aux gisements sédimentaires (aquifères profonds pour le chauffage urbain) ou volcaniques (production d'électricité à partir de vapeur) vers des potentiels plus vastes (socles profonds) ;

- la production de combustibles non-fossiles et leur conversion en énergie électrique, thermique ou mécanique par des piles à combustible dont les rendements sont bien supérieurs aux rendements des convertisseurs classiques (turbines, moteurs diesel...), le carburant hydrogène pouvant être obtenu par électrolyse de l'eau ou par gazéification de la biomasse ;
- le stockage de l'énergie, en visant un stockage maximal d'énergie par unité de volume et de masse, par exemple dans des batteries au lithium, ou des micro-batteries pour cartes à puces ;
- l'utilisation rationnelle de l'énergie, où un effort particulier est mené pour modéliser des systèmes thermiques et thermohydrauliques et des dispositifs très avancés en vue de réduire leur consommation énergétique.

L'énergie nucléaire contribue aussi à la limitation des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre d'une demande énergétique croissante<sup>6</sup>. La recherche nucléaire s'inscrit donc en grande partie dans une problématique qui suppose à la fois de répondre aux besoins du présent (besoins énergétiques et optimisation des ressources), mais aussi de ne pas compromettre ceux des générations futures (gestions des déchets, changement climatique...). La recherche et développement doit donc se concentrer sur le soutien au parc nucléaire existant, sur la conception de nouveaux systèmes réacteur-cycle et sur les recherches sur la gestion des déchets radioactifs. Elle doit naturellement s'appuyer sur une politique de maintien des connaissances et des compétences techniques dans ce secteur.

*Les recherches sur la gestion des déchets radioactifs font l'objet d'un programme spécifiquement identifié dans l'Agenda 21. La loi du 30 décembre 1991 (dont les dispositions figurent désormais dans le Code de l'environnement) a donné un cadre pour les recherches sur la gestion à long terme des déchets radioactifs. Elle a défini trois axes.*

*L'axe 1 porte sur les études sur la séparation et la transmutation des éléments à vie longue en vue d'évaluer et d'établir la faisabilité de procédés permettant de réduire significativement la quantité et la nocivité des déchets (de nombreux résultats ont été obtenus comme par exemple : la faisabilité scientifique de la séparation chimique des principaux radionucléides à vie longue).*

*L'axe 2 de la loi couvre les études sur le stockage en formation géologique profonde, dans une logique de réversibilité. Les études ont déjà permis d'acquérir une bonne connaissance des phénomènes qui déterminent le comportement des radionucléides en situation de stockage, la définition de concepts préliminaires de stockage et le démarrage de la réalisation d'un laboratoire souterrain de recherche à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne.*

*Enfin, l'axe 3 concerne les études sur le conditionnement des déchets contenant des radionucléides à vie longue et de haute activité, en vue de créer des procédés garantissant leur confinement durable et la possibilité de reprise en toute sûreté, ainsi que les études pour mettre au point les procédés d'entreposage de longue durée des déchets radioactifs en surface ou sub-surface.*

*La loi définit en outre une échéance, prévoit une instance d'évaluation chargée de remettre un rapport au gouvernement en 2006, et affirme le rôle du Parlement dans le processus de décision. Les dimensions environnementales, économiques et sociales du développement durable sont, à travers la mise en œuvre de cette loi, en lien étroit avec la recherche et en support à l'élaboration d'une politique publique.*

Enfin, si la recherche et le développement sur l'énergie nucléaire peuvent proposer des solutions à moyen terme aux grands défis mondiaux que représente, par exemple la dépendance quasi totale des secteurs des transports aux hydrocarbures par la filière hydrogène, elle s'inscrit aussi dans le long terme en s'engageant dans la voie de la fusion par confinement magnétique. Les connaissances sur cette fusion ont récemment progressé de façon spectaculaire. La France participe au très grand projet de réacteur expérimental ITER au sein de l'Union européenne, en partenariat avec le Canada, la fédération de Russie et le Japon.

## Transports

Dans la quasi-totalité des pays, les systèmes de transports utilisent des carburants issus de réserves fossiles pour plus de 95 % des besoins : véhicules routiers, avions, bateaux et en grande partie les trains (fonctionnant avec des moteurs diesel, ou à l'électricité issue souvent de centrales thermiques classiques). En 1999 en Europe, le pourcentage de CO<sub>2</sub> provenant des transports<sup>7</sup> est de l'ordre de 20,5 % de l'ensemble des émissions. Entre 1990 et 1999, les émissions dues aux transports ont augmenté en masse de 18 %, avec des valeurs différentes d'un pays à l'autre, mais toujours positives. Cela est particulièrement le cas pour les transports routiers qui représentent dans chacun des pays plus de 80 % des émissions de CO<sub>2</sub> par l'ensemble des transports. En outre, les véhicules routiers sont une source majeure de polluants atmosphériques locaux, particulièrement en milieu urbain, de bruits, d'encombrement de l'espace et de risques accidentels.

Les raisons du fort développement de la circulation routière sont connues :

- choix culturels, économiques et politiques en faveur de l'automobile,
- augmentation du transport de marchandises, en particulier par la route, avec l'évolution des modes de production (flux tendus, zéro stock),
- formes urbaines et modalités d'aménagement du territoire, notamment l'étalement des villes (habitat individuel, délocalisation des centres de production, d'achats et de loisirs, développement des réseaux routiers et autoroutiers, etc.).
- augmentation de la mobilité des personnes,
- élévation régulière du niveau de vie "moyen" et augmentation de la densité de véhicules pour 1 000 habitants.

Cette tendance, constatée dans tous les pays européens, de l'Ouest et de l'Est, l'est également dans tous les pays industrialisés mais aussi, plus récemment, dans tous les pays en développement. L'accroissement de la mobilité et donc de ses impacts environnementaux apparaît étroitement liée au développement économique. Ce constat a conduit au lancement d'un ambitieux cycle de programmes

de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT) inauguré en 1990 et dont le troisième cycle (PREDIT 3) se déroulera sur la période 2002-2006.

### ■ Progrès récents et tendances des marchés

Des progrès importants ont permis d'améliorer le rendement énergétique des moteurs utilisant des carburants fossiles et d'abaisser la consommation spécifique, mesurée en grammes de pétrole pour fournir un kWh. Toutefois, ces progrès sont en grande partie absorbés sur les nouveaux modèles de véhicules qui deviennent de plus en plus lourds et puissants et qui sont de plus en plus équipés d'accessoires et auxiliaires consommateurs d'énergie (climatisation, assistance de direction, écrans de guidage, etc.).

Les potentialités d'alternatives technologiques ont été explorées. Le véhicule électrique, les biocarburants, le gaz naturel pour véhicules, les motorisations hybrides ont fait l'objet de mises au point et souvent de tests opérationnels sur flotte. Des applications se développent sur flotte captive en transport en commun ou sur flotte d'entreprise circulant en milieu urbain. Toutefois, le développement de ces alternatives reste limité.

Au-delà des recherches purement technologiques, deux axes ont été initiés. Le premier porte sur le développement des infrastructures pour l'intermodalité des transports de marchandise à moyenne et longue distance : ferroutage, cabotage fluvial... Le second concerne l'organisation des déplacements en milieu urbain avec le développement de l'offre en transports en commun et les relations entre l'urbanisation et les besoins de déplacements.

Ces deux axes nécessitent de nouvelles réflexions sur les besoins en transports et sur les effets des politiques publiques, particulièrement les décisions d'aménagement de l'espace urbain et de développement des réseaux de transports. Enfin, les impacts sur la qualité de l'air au plan local sont pris en compte dans une programmation spécifique, PRIMEQUAL, interne au PREDIT 3.

### ■ Organisation des transports

Des résultats significatifs ont été obtenus en termes d'organisation des transports.

- Elaboration et application des plans régionaux de la qualité de l'air, des plans de déplacements urbains, visant notamment à l'amélioration des conditions de trafic sur route et en zone urbaine.
- Etude méthodologique de l'impact énergétique résultant de certains aménagements urbains (habitat diffus, zones commerciales...).
- Promotion de modes alternatifs à la route pour les marchandises (notamment le transport combiné) et analyse des modalités de transports en ville visant en particulier l'optimisation des tournées et la création de centres logistiques urbains.
- Etude des transferts modaux vers des transports collectifs de qualité et identification des actions susceptibles, à la fois directement et indirectement, par les politiques urbaines, de favoriser la diversité modale des transports de passagers.
- Etude de l'impact d'une réglementation sur la puissance et/ou l'usage des véhicules automobiles particuliers (taxes, péages urbains...).



## ■ Technologie des véhicules

Les recherches portent sur les systèmes classiques, les systèmes nouveaux et les systèmes avancés de motorisation et de véhicules.

### *Systèmes classiques*

- Amélioration des moteurs à allumage commandé et à allumage par compression (diesel) ; recherche de nouveaux concepts de meilleur rendement de combustion (concepts CAI et HCCI), suralimentation électrique, auxiliaires économes, réduction de la puissance des moteurs thermiques (down-sizing).
- Fort allègement des véhicules.

### *Systèmes nouveaux*

- Véhicules à motorisation hybride : il s'agit d'un concept associant un moteur thermique et une motorisation électrique, ce qui permet d'optimiser le rendement global et de réduire fortement la consommation énergétique ; différentes variantes sont possibles : hybride série ou hybride parallèle, avec hybridation douce (alternateur-démarrreur), ou forte, et avec stockage d'énergie électrique, ou non.
- Applications aux automobiles, autobus, camions de livraisons ; nombreuses expérimentations en cours, quelques modèles commencent à être commercialisés.
- Les systèmes de stockage embarqué peuvent être des batteries, des supercondensateurs.
- Les composants électriques de puissance exigent une forte action de recherche/développement.
- Pour les engins ferroviaires, plusieurs actions visent à améliorer les performances des composants de puissance électriques (programme HVB2-High Voltage Booster pour l'alimentation électrique et programme THALES pour application à un tram-train hybride).

### *Systèmes avancés*

- La pile à combustible : pour les transports routiers, la pile à membrane polymère (PEMFC) semble adaptée aux véhicules particuliers ; les recherches actuelles portent sur l'amélioration des performances, sur l'intégration de la pile sur un véhicule en tenant compte des conditions de fonctionnement et de fourniture d'énergie, sur l'étude de différents systèmes de stockage et de transformations énergétiques à embarquer et sur l'examen des filières carburants (hydrogène ou carburant liquide avec reformer embarqué).
- Le carburant hydrogène : à long terme, l'hydrogène semble être un excellent vecteur énergétique pour les transports ; les études portent sur la production, le stockage, le transport et l'utilisation (utilisation directe ou à travers une pile à combustible).

L'Union européenne a également souligné, dans son Livre blanc sur la politique des transports à l'horizon 2010, la contribution que peuvent apporter les technologies de l'information et de la communication dans la gestion de la mobilité. Le 6<sup>e</sup> PCRD devrait donner corps à ces orientations politiques, en finançant des actions de recherche dans ce domaine.

Afin de limiter l'accroissement des émissions de CO<sub>2</sub> par les transports, voire de réduire les émissions, toutes ces actions technologiques et organisationnelles doivent être poursuivies. La coopération étroite des laboratoires, des industriels et

aussi des autorités ayant en charge la réglementation devrait permettre d'apporter un certain nombre de solutions techniques plus satisfaisantes pour l'avenir. Outre le développement d'outils d'évaluation de la pollution en milieu urbain et de planification des transports et de la mobilité, et une meilleure gestion des risques et de la fiabilité des systèmes, il paraît opportun de développer des recherches d'envergure sur l'innovation en termes d'organisation, la mise au point de nouveaux services, et sur les perspectives d'évolution des comportements, qui seules sont susceptibles d'apporter une solution durable à la question des transports.



## Industrie

L'impératif de la protection de l'environnement et les progrès techniques ont impulsé, au cours du demi-siècle dernier, de profondes mutations dans les modes de production industriels. L'objectif du développement durable ne pourra être atteint au cours du prochain demi-siècle que par des transformations encore plus radicales de l'économie industrielle.

Au regard de l'historien, la dégradation de la qualité de l'air ou de l'eau, la contamination des sols sont d'abord apparues comme des problèmes localisés, principalement attribuables à un petit nombre d'établissements industriels polluants, et susceptibles d'être résolus par une épuration de leurs rejets. Le coût de la réduction des émissions de ces sources ponctuelles ne représentait généralement qu'une part modeste des coûts de production. La maîtrise de la pollution industrielle s'est donc fondée essentiellement sur des approches scientifiques (l'évaluation des risques de la pollution) et techniques (les procédés d'épuration). La recherche a joué un rôle important dans ce processus qui a permis d'obtenir des progrès très significatifs dans la protection de l'environnement ; de nouveaux progrès sont en voie d'être réalisés.

Cependant, alors même que l'on enregistrait une diminution des pointes locales de la concentration dans l'environnement de nombreux polluants, on prenait conscience de l'augmentation continue des niveaux de concentration de fond d'autres formes de pollutions : gaz à effet de serre, substances acidifiantes, nutriments, oxydants photochimiques, toxiques organiques persistants, éléments traces... La compréhension des phénomènes conduisant à l'accumulation de ces polluants dans les différents compartiments de l'environnement, l'évaluation des dangers qu'ils constituent, parce qu'elles impliquent la connaissance de systèmes complexes, soulèvent des questions difficiles pour la recherche scientifique.

Les polluants qui sont à l'origine de ces formes diffuses de pollution ne sont plus seulement rejetés dans l'environnement lors de la production mais, pour une large part, lors de l'utilisation des produits de l'industrie ou bien, après utilisation, sous forme de déchets. Ces rejets dispersés sont difficiles à contrôler ; ils se présentent souvent, non comme des contaminants dont l'élimination relèverait d'un processus d'épuration, mais comme des constituants intrinsèques des produits.

La maîtrise de ces pollutions de fond n'implique plus seulement une action sur les modes de production industriels, mais une action plus fondamentale sur la nature et sur la quantité de la production et de la consommation de produits industriels,

donc sur les modes de vie. L'étude des implications techniques, économiques, sociales, institutionnelles de cette maîtrise est un objectif majeur de la recherche en matière de développement durable.

Pour bien apprécier cet enjeu, il faut souligner que pour de nombreux polluants et notamment pour les gaz à effet de serre, l'écart est tout à fait considérable entre, d'une part, les niveaux futurs de rejets qui, en extrapolant le cadre technico-économique actuel, devraient résulter de la croissance mondiale de la production et de la consommation de biens et de services - cette croissance est notamment attendue pour répondre aux besoins des populations des pays moins industrialisés - et, d'autre part, les niveaux maxima de rejets qu'implique la sauvegarde du milieu. Pour fixer un ordre de grandeur de l'effort nécessaire, les études préparatoires au sommet du développement durable évaluent globalement le rapport entre émissions tendancielles et émissions souhaitables à un "facteur 4" sur le moyen terme et, sur le long terme, à un "facteur 10".

On constate combien il est difficile dans le contexte actuel de s'engager dans la voie de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, même pour des pays ayant des taux d'émission par habitant parmi les plus élevés, et alors que les premiers pas sont a priori les plus faciles. Il faut donc souligner que la maîtrise des risques des pollutions diffuses et du changement climatique, ne résultera pas d'une adaptation marginale et peu coûteuse de l'appareil de production : elle impliquera une véritable révolution industrielle et une nouvelle économie. Concevoir cette révolution et en étudier les conditions de mise en œuvre devraient être des objectifs essentiels de la recherche en matière de développement durable. Cette approche des risques de pollutions diffuses doit cependant rester articulée à celle des risques accidentels qui sont susceptibles de produire des pollutions subites, massives et parfois irréversibles et qui, par ailleurs, correspondent généralement à des moments décisifs en matière de changement de politique dans le domaine industriel.

## Bilan des actions conduites depuis Rio

De nombreux chapitres de l'Agenda 21 concernent la maîtrise de l'activité industrielle. Un grand nombre des recherches relatives aux impacts de l'industrie sur l'environnement sont prises en compte dans le cadre des chapitres spécifiques consacrés aux recherches par milieu (air, eau, sols...) ou par objectif, comme la santé.

Par ailleurs, les problèmes d'environnement et les changements technologiques induits sont de plus en plus intégrés au management des entreprises, au fil de l'adaptation aux marchés et du renouvellement des équipements et des installations. Deux sous-secteurs industriels, celui du froid et celui des déchets, sont particulièrement démonstratifs de ces évolutions au cours de la dernière décennie.

Le secteur du froid industriel a dû et doit faire face à deux enjeux planétaires, celui de la protection de l'ozone stratosphérique et celui de l'effet de serre. Les fluides frigorigènes sont en premier concernés mais cela touche aussi la conception des installations et les équipements associés pour la mise en œuvre des cycles thermodynamiques, les matériaux, la récupération et le recyclage en fin de vie...

C'est donc une mutation technologique qui est en cours. Il faut souligner que le froid et la climatisation sont des domaines sensibles pour les pays du Sud, domaines très liés à la conservation et à la qualité sanitaire des aliments.

Le domaine des déchets a aussi profondément évolué et bénéficié d'un plan de modernisation qui a couvert la période 1992-2002. Les technologies d'inertage et de confinement des déchets dangereux, d'incinération et de valorisation énergétique, de tri et de transformation en vue d'une valorisation ou d'un recyclage sont devenues courantes. Elles sont déjà proposées en transfert de technologie auprès des pays émergents. Au sein de ce sous-secteur industriel, la gestion des emballages a conduit à revoir leur conception en vue de réduire leur poids et leur volume et d'améliorer leur recyclabilité.

Toutefois, toutes ces démarches adaptatives, très significatives, ne font *in fine* que mettre en exergue le besoin de changements plus profonds. Les aspects industriels sont apparus suffisamment importants dans la problématique du développement durable pour que soit créé en France en 1990 un organisme dédié à l'environnement et aux risques industriels.

### ■ Gestion des substances chimiques toxiques

Dans le domaine de la pollution chimique, si la maîtrise des pollutions massives a sensiblement progressé au cours des dernières années, l'attention s'est portée sur les phénomènes diffus, émettant des signaux faibles, à la limite des capacités de mesure.

Il est difficile d'évaluer par voie expérimentale la toxicité et l'écotoxicité des substances à de très faibles niveaux d'exposition. Par ailleurs, l'interaction des substances chimiques entre elles et avec les milieux, les flux complexes entre milieux, rendent également aléatoires l'évaluation de l'exposition réelle de l'homme et des écosystèmes à ces substances et par conséquent l'approche épidémiologique. La gestion des substances chimiques toxiques est donc un domaine caractérisé par de nombreuses incertitudes scientifiques qui rendent complexes l'évaluation et la gestion des risques.

La gestion des substances chimiques toxiques est pourtant, par référence au principe de précaution, un domaine dans lequel se développent des stratégies internationales aux implications importantes.

Les efforts de recherche et de développement de l'expertise s'orientent autour des axes suivants :

- La métrologie de l'environnement : mise au point des outils de mesure des concentrations des substances toxiques et de leurs métabolites ; développement de l'expertise en matière de chimie des toxiques dans l'environnement.
- La modélisation des pollutions et de leurs transferts au sein des milieux : le développement de la modélisation tend à passer d'une approche générique à une approche tenant compte des réalités géographiques et géochimiques locales ; une attention particulière est portée à l'évaluation des incertitudes.
- L'analyse des expositions des écosystèmes et des populations : les développements visent à prendre en compte les « budgets espace-temps » des personnes exposées et portent plus particulièrement sur l'exposition des personnes sensibles.

■ La toxicité des substances pour les écosystèmes et pour l'homme à de faibles niveaux d'exposition : élargissement du champ des essais d'écotoxicité vers de nouveaux milieux (sols, sédiments) et vers des systèmes complexes (mésocosmes) ; amélioration de la compréhension des mécanismes des effets toxiques (bio-marqueurs, modèles physiologiques, impact des mélanges de substances toxiques...).

## ■ Prévention des risques liés aux accidents technologiques et industriels

L'une des conditions du développement durable est que la société puisse avoir confiance dans la sûreté de son système industriel. L'occurrence périodique d'accidents graves sur des sites industriels, ou dans le transport de matières dangereuses, rappelle que ces risques restent présents. Des événements récents ont également rappelé l'impératif de maîtrise de la vulnérabilité du système industriel au terrorisme et aux catastrophes naturelles.

Les recherches en cours s'organisent autour de quatre axes principaux.

- La sécurité des procédés : la recherche relative aux dérives incontrôlées des réactions chimiques doit contribuer à la mise au point de réacteurs continus et de procédés "intrinsèquement plus sûrs".
- La quantification des conséquences des scénarios accidentels : il s'agit de mieux comprendre les mécanismes de naissance et de propagation du feu et des phénomènes l'accompagnant (explosions et projections de débris, nuages toxiques) et, au-delà de l'approche actuelle essentiellement empirique, de mettre au point de nouvelles méthodes de modélisation.
- La composante humaine et organisationnelle : le rôle du facteur humain et des modes d'organisation dans la genèse des scénarios accidentels est encore mal cerné ; il convient de mieux intégrer dans l'analyse des risques les comportements humains au sein de l'organisation industrielle.
- L'évolution des méthodes et outils d'analyse des risques : en complément de la démarche déterministe qui fait référence dans la pratique réglementaire française (distance d'effet du scénario accidentel majeur...), il paraît intéressant de développer une approche multidisciplinaire intégrant notamment la fiabilité des dispositifs de sécurité et des systèmes de management, et les apports de retours d'expériences.



## Perspectives

Dix ans après Rio, on doit constater, alors même qu'il y a eu des évolutions positives dans les différents domaines de recherche évoqués ci-dessus, que les efforts engagés sont loin d'être arrivés à leur terme. Les évolutions du système industriel posent en permanence de nouvelles questions à la recherche. L'Agenda 21 reste donc d'actualité et l'accroissement, de l'effort de recherche relatif à l'ensemble des enjeux industriels du développement durable apparaît indispensable.

Pour autant, les réflexions menées depuis une dizaine d'années autour de la problématique du changement global ont mis en évidence de nouveaux enjeux en termes de raréfaction des ressources naturelles, de consommation d'espace, d'épuisement de la capacité de l'environnement à se régénérer.

Le changement climatique illustre cette problématique. Pour combler le fossé entre le tendanciel et le souhaitable, il serait nécessaire de faire progresser d'un facteur 10 la productivité de l'économie exprimée en quantité de biens et services produits par tonne d'équivalent-carbone émise. Une telle perspective implique à l'évidence des changements techniques considérables, d'autant qu'il faut faire progresser, dans le même temps, la productivité relative aux autres types d'émission et celle relative à la consommation d'espace ou de ressources naturelles rares : il s'agit en définitive de promouvoir une véritable "dématérialisation" de l'économie.

La solution à cette équation ne saurait être uniquement technique. Il convient d'étudier sa signification en termes d'évolution des modes de vie, et même, de réexaminer la question de la mesure de la valeur en économie. L'industrie, au sens général du mot, est "l'ensemble des opérations qui concourent à la production et à la circulation des richesses" : confrontés à l'obligation du développement durable, il faudra bien se réinterroger sur ce que sont, pour l'homme, les véritables richesses.

### ■ La recherche technologique

La directive européenne de 1993 relative à la "prévention et à la réduction intégrée des pollutions" fait référence à la nécessaire utilisation dans les établissements industriels des "meilleures techniques disponibles". Elle a conduit industriels et représentants des pouvoirs publics au niveau européen à passer en revue, industrie par industrie, les technologies classiques ou émergentes pour déterminer celles qui, du double point de vue environnemental et économique, pouvaient être considérées comme les plus avantageuses. Cette action au niveau des modes de production est en voie d'être prolongée par une action au niveau des produits dans le cadre d'une action thématique "politique intégrée de produits". Il y a là des axes de progrès qui devraient être appuyés par une politique forte d'encouragement à l'innovation. Le programme-cadre européen "Investir dans les sciences et les techniques du futur" peut y contribuer. De nombreux domaines technologiques sont potentiellement concernés : énergie, génie chimique, biotechnologies, capteurs, informatique, techniques de séparation, matériaux, procédés de mise en forme, nanotechnologies, etc.

Des outils d'analyse des flux de matière et d'énergie peuvent aider au repérage de "techniques durables" qui minimisent les déperditions de matière et d'énergie



dans le système industriel. Ces outils qui se réfèrent à "l'écologie industrielle", à "l'analyse du cycle de vie", "l'écoconception", etc. justifieraient un important travail méthodologique mais ils offrent en l'état un point de départ utile.

## ■ La recherche dans les sciences de l'homme et de la société

La décennie passée fournit de nombreux exemples d'industries où un progrès significatif de la "productivité environnementale", au niveau du mode de production ou à celui de la conception des produits, a été plus qu'effacé en termes d'impact global par la croissance de la consommation, à laquelle l'amélioration du produit a éventuellement elle-même contribué.

Le développement durable ne saurait donc résulter seulement d'une approche technique. L'Agenda 21 avait déjà souligné l'importance des dimensions économiques et sociales du développement durable et de la maîtrise des consommations, notamment pour ce qui concerne les pays industriels. Dix ans après Rio, on constate la difficulté de cette maîtrise et la nécessité de nouvelles approches.

Etant donné le bouleversement important que représentent ces politiques de développement durable et de maîtrise des consommations, elles doivent nécessairement reposer sur une véritable adhésion des "acteurs", à savoir les citoyens eux-mêmes. La recherche en sciences humaines pourrait aider à mieux cerner les conditions de l'efficacité des politiques.

Les recherches en sociologie, histoire, anthropologie, gestion et économie pourraient permettre une meilleure connaissance des tendances d'évolution des pratiques de consommation à moyen et à long termes, de leurs caractéristiques et de leurs déterminants, des modalités de construction de la demande. Différents thèmes pourraient être explorés : le rôle de la culture technique des consommateurs sur le développement des usages, les modalités de construction des représentations et des comportements (rôle de prescripteurs d'achats et d'usage que sont les vendeurs, les installateurs, les entreprises publiques, les médias), les justifications que les consommateurs donnent à leurs choix. Par ailleurs, il paraît opportun de mieux comprendre les modalités de conception des produits et des services, de construction des usages, ainsi que des déterminants de l'innovation technique et organisationnelle.

### Notes

6 - Selon l'AIE, voici quelles sont les perspectives en termes de consommation énergétique : 101.29 x 1012 kWh en 1990, 111.37 x 1012 kWh en 1997, 146.54 x 1012 kWh d'ici 2010.

7 - Les transports comprennent : la route, le rail, la voie d'eau et l'aérien "intérieur", en excluant le maritime océanique et l'aérien "international".



# Gestion plus responsable des ressources naturelles

L'importance des ressources naturelles oblige notamment à considérer l'ensemble de leur cycle, de la production jusqu'à la gestion des déchets et émissions résultant de leur usage, avec un objectif de découplage entre croissance économique, consommation de matières premières et émission de déchets. Cela oblige également à intégrer, en tant que menaces pesant sur le long terme, les différents types de risques susceptibles de les affecter.

Toute gestion durable des différentes catégories de ressources repose sur des travaux d'acquisition de connaissances, de surveillance, de modélisation (concernant les ressources, leur usage et les risques qui pèsent sur elles), recherches qu'il faut mener à différentes échelles, et rendre accessibles pour les autorités publiques et tous les acteurs concernés. Cette gestion dépend également des modes de production et de l'ensemble des activités humaines.

La connaissance des groupes humains qui exploitent, transforment, commercialisent et consomment ces ressources est donc nécessaire.





## Compréhension des milieux et du fonctionnement des écosystèmes

Le biotope et la biocénose sont inextricablement liés au sein de tout écosystème. La compréhension du fonctionnement des biotopes, ou milieux, et des écosystèmes marins ou continentaux est indispensable à une meilleure gestion du développement durable de la planète. Elle fait appel à une approche interdisciplinaire et différentes voies et thématiques de recherche doivent être menées de front dans les années à venir. Plus encore que l'océan et l'atmosphère, la surface des continents est et sera considérablement modifiée par l'activité humaine dans les décennies à venir. La surface des continents représente l'interface avec l'atmosphère régulant les échanges d'eau, d'énergie, de CO<sub>2</sub>, de divers gaz traces, et d'aérosols. C'est donc un élément majeur et régulateur des grands cycles biogéochimiques. C'est finalement un domaine de la planète fortement exploité par l'homme pour les ressources hydriques, énergétiques, minérales, biologiques et alimentaires.

La biocénose est aussi modifiée par les changements globaux. La biodiversité, du niveau microbien à celui des écosystèmes, interagit à toutes les échelles, de la plus microscopique à celle de la planète, avec les changements de milieux, les activités humaines, l'énergie... Les connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes, les interactions entre espèces vivantes et entre celles-ci et les milieux, locaux ou globaux, ont connu de grandes avancées, qui devraient se poursuivre dans les années à venir.

Dans les prochaines années, deux axes de recherche prioritaires apparaîtront : le fonctionnement des écosystèmes continentaux et la biodiversité.

### ■ Fonctionnement des écosystèmes continentaux

Dans ce domaine, il est essentiel de mener des recherches concertées sur :

- le rôle des surfaces continentales dans les cycles biogéochimiques et les impacts du changement climatique sur les ressources en eau, en sol, et sur les écosystèmes ;
- l'approche intégrée du cycle de l'eau et des flux associés (énergie, gaz, solutés, colloïdes, particules sédimentaires), la compréhension des pollutions naturelles ou d'origine anthropique ;
- la connaissance des cycles des éléments chimiques (métaux en particulier) depuis la formation des gisements jusqu'au recyclage des déchets ;
- la gestion des incertitudes des modélisations pour une meilleure protection des ressources en général ;
- les interactions sols-végétation-topographie-climat et la dynamique de l'eau et des flux associés dans les hydrosystèmes continentaux (fleuves, lacs, aquifères, réseau hydrographique), et notamment le rôle que joue la diversité biologique, non réductible à la seule végétation, dans ces interactions ;
- le rôle de la biosphère continentale, notamment la biodiversité des sols, en particulier sur les cycles biogéochimiques (eau, carbone, azote, métaux) ;

■ la mise en place d'observatoires de recherche en environnement (systèmes d'observation, modélisation, systèmes d'information, cf. § Information pour l'action publique p. 98) couvrant à la fois biotopes et biocénoses de façon dynamique et spatialisée.

## ■ Biodiversité

La biodiversité, marine et terrestre, et son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes, est à mettre en relation à la fois avec les changements globaux (modifications climatiques, effets de l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre, bilan de carbone) et avec l'évolution des pratiques économiques, sociales, technologiques, agricoles, et des enjeux géopolitiques. En effet, il n'existe pratiquement pas d'écosystème qui ne soit directement ou indirectement anthropisé. Les activités humaines et leur gouvernance sont donc au coeur de l'évolution des grands équilibres de la planète.

D'importants travaux internationaux, dans lesquels la recherche française tient une place de choix, ont été entrepris avec succès pour comprendre les effets de la diversité biologique sur la productivité des sols. Ce rôle positif est aujourd'hui en partie démontré.

L'essentiel des écosystèmes anthropisés l'est à des fins agricoles et une part importante a été irriguée donc profondément bouleversée. Si les activités humaines sont la cause principale de l'érosion de la biodiversité, elles sont aussi, parfois, à l'origine de son accroissement, notamment via l'agriculture. Les connaissances accumulées sur les agroforêts comme sur les systèmes agricoles recourant à des mélanges de plantes et des mélanges de variétés ont donné lieu à l'élaboration par la recherche de modèles d'agriculture durable. Le développement des formes d'agriculture sans labour, avec semis direct sous couvert végétal, s'inscrit dans cette voie.

Deux priorités sont identifiées par la communauté scientifique. La première porte sur les recherches à l'interface entre le changement global, l'évolution/adaptation des écosystèmes et l'adaptation des modes de vie et des modes d'exploitation auxquels ils donnent lieu. L'adaptation des organismes aux modifications de l'environnement est en effet mal connue. La complexité des forçages (pollution variée à faibles ou fortes doses, variations climatiques...) et les mécanismes d'adaptation aux stress externes sur des organismes nombreux et dans des situations multiples doivent être mis en relation. Les modes de vie des communautés humaines sont également affectés de façon très diverse par les changements des milieux comme par les changements globaux. C'est à ce croisement entre changement global, écosystèmes et sociétés que se trouve une part importante de la conception des moyens de l'adaptation des sociétés.

La seconde priorité concerne la recherche sur l'accès à la biodiversité et son usage. Les sciences biologiques ont longtemps réduit les humains à des "pressions" indifférenciées. Les recherches interdisciplinaires ont contribué à montrer que la solution se trouve plutôt dans les modalités d'accès aux milieux et aux ressources. En l'absence de gestion de l'accès, les gestionnaires sont conduits à restreindre sans cesse les capacités de production et les possibilités de prélèvement. Cela est générateur de "tragédies des biens communs" et, dès lors, la solution devient le problème qu'elle est censée résoudre.

L'impact des biotechnologies sur le fonctionnement des écosystèmes doit être mieux connu. Ce domaine de recherche est essentiellement orienté vers les OGM et leur utilisation dans les systèmes cultivés et naturels. C'est une question particulièrement sensible où il existe un déficit considérable de connaissances fondamentales. La biologie et la génétique des populations ainsi que certains aspects de la génomique (extension, régulation) sont concernés. Les mécanismes d'invasion et de dissémination des OGM dans les écosystèmes doivent être mis en évidence et modélisés afin d'être maîtrisés. Mais les biotechnologies ne se limitent pas aux OGM et les OGM ne se limitent pas à des phénomènes de diffusion. Les coûts économiques, environnementaux, sociaux des modifications génétiques doivent donner lieu à un effort important de recherche dans les années à venir, qui est déterminant pour dépasser les approches manichéennes. L'étude de ces dimensions implique aussi bien les sciences sociales, que la biologie et la génétique.

Un axe de recherche très prometteur concerne les liens entre biodiversité, santé et environnement. Cette voie part de l'écologie des vecteurs, de leur sensibilité à des évolutions de l'environnement dans lesquelles ils deviennent pathogènes. Concernant la parasitologie et les interactions biotiques, des recherches doivent être menées sur les effets des changements climatiques et de l'anthropisation des écosystèmes sur les aires de distribution et l'écologie des vecteurs et hôtes réservoirs. Ces démarches sont potentiellement porteuses de profondes évolutions des stratégies préventives et thérapeutiques pour les maladies à vecteurs, existantes ou émergentes. Des scénarios prédictifs devraient pouvoir être élaborés dans les années à venir.

La connaissance du monde vivant reste largement incomplète. C'est pourquoi la recherche française a fait ces dernières années un effort significatif en faveur de la recherche en biosystématique. La création de grands programmes internationaux est un élément important pour revivifier ce domaine indispensable. Par ailleurs, les sciences sociales ont investi le champ de la biodiversité, que ce soit aux côtés des sciences de la nature ou en parallèle. Les savoirs dits "traditionnels" ont donné lieu à d'importantes investigations, à des fins utilitaires (pharmacie, cosmétologie) ou de connaissance. Les sciences humaines et sociales ont aussi contribué à mieux cerner le rôle des services fournis par les écosystèmes et la biodiversité (alimentation, habitat, énergie, vêtements, médicaments, outils...) en développant des méthodes d'évaluation, monétaires ou non. Elles ont également apporté une contribution à la compréhension des interactions entre usages locaux de la biodiversité et ordre économique international, à travers les stratégies industrielles, le fonctionnement des organisations internationales, la mondialisation, l'émergence de nouvelles formes d'appropriation.



## Gestion des sols et des ressources du vivant

Un des plus grands programmes du futur est d'inventer une agriculture qui soit écologiquement viable, économiquement équitable et qui puisse faire face simultanément à la très grande diversité des besoins.

L'analyse porte dans ce chapitre sur trois sous-systèmes et sur les questions de développement ou de gestion durable qui leur sont associées :

- la gestion durable des sols et de la biodiversité végétale,
- la gestion durable des écosystèmes terrestres,
- la gestion durable des hydrosystèmes.

### La gestion durable des sols et de la biodiversité végétale

#### ■ Multifonctionnalité des territoires, en particulier des territoires ruraux

La diversification des enjeux pour l'agriculture est désormais prise en compte dans les politiques publiques et fiscales tant au niveau européen qu'international et par les aides publiques au développement. Cela a donc conduit les organismes à développer de nouvelles problématiques de recherche et de nouvelles formes d'organisation pour les soutenir, en particulier des actions coordonnées mises en place conjointement entre organismes de recherche.

Dans ce domaine, de nouvelles modalités de coopération entre les acteurs du développement durable doivent être inventées. En effet, les enjeux du développement obligent à un décloisonnement des organisations administratives, économiques et sociales traditionnelles. Dans les pays en développement, ces partenariats sont essentiels à l'appropriation des actions par les acteurs concernés, et à la mise en œuvre de modèles de gestion durable. La question des échelles, spatiales et temporelles, d'observation et d'analyse d'une part, de la compatibilité entre celles-ci et les échelles de l'activité humaine et de la gestion d'autre part, devra encore faire l'objet d'un effort de recherche. Les rythmes de renouvellement de l'écosystème ne sont pas ceux du retour sur investissement ; pourtant la combinaison des deux est une donnée clé de la gestion, durable ou destructive selon les cas.

#### ■ Usage des sols, évolution : surfaces agricoles, forestières et des zones péri-urbaines

Dans les pays industriels, les grandes cultures ont conduit à une diminution très forte de la diversité biologique des sols, entraînant un recours accru aux intrants qui accentue le phénomène. Les nouveaux modes d'utilisation agricole des terres, qui tendent à faire revivre ces sols, s'accompagnent de nouvelles techniques qui transforment progressivement l'agriculture en une écologie agricole et l'agronomie en une ingénierie écologique. Le recours au semis direct sous couverture végétale en est une illustration.

Partie d'une vocation strictement alimentaire et industrielle de l'agriculture, la redécouverte de sa multifonctionnalité réoriente en partie la recherche, en accompagnement de politiques agricoles pour lesquelles les programmes sur l'usage de sols et la couverture végétale sont d'une très grande importance.

Les modifications d'usage des sols pour l'agriculture et l'élevage ont un rôle important et encore peu connu sur la dynamique des écosystèmes, du cycle de l'eau, du changement climatique. Ainsi, les recherches ont montré que les pollutions par le mercure résultent principalement de la conversion et de la mise à nu des sols qui facilitent le transport du mercure vers des milieux où il méthylise. Il en va de même des conversions des forêts tropicales en pâturages.

L'évolution de l'usage des sols est fortement liée à la multifonctionnalité de la politique agricole : l'effort scientifique à venir sera centré sur les programmes "Land Use - Land Cover" (évolution de l'utilisation des sols sous l'influence de cette multifonctionnalité). La mise en place d'un système d'observation et de représentation spatialisé sera indispensable pour l'étude des questions relatives aux forêts ou à la désertification, touchant particulièrement les pays en voie de développement.

Trois exemples de thèmes de recherche illustrent cette problématique dans les pays industrialisés.

- Systèmes agricoles et forestiers et gestion des espaces à dominante rurale : identification, caractérisation et évaluation des biens communs environnementaux ; modalités de régulation de l'accès et des usages, et de contractualisation.
- Gestion des écosystèmes terrestres : dynamique des écosystèmes sous l'effet de l'abandon des usages agricoles ; biodiversité et gestion des forêts de plaine.
- Gestion des systèmes forestiers : validation des modèles sylvicoles, fonctions multiples des systèmes de production ; gestion et restauration d'écosystèmes contribuant à limiter les risques naturels en montagne.

Par exemple, le Programme national de recherches sols et érosion a pour but de développer les actions de recherche dans le domaine de l'étude des sols et de l'érosion de manière intégrée, en couplant les approches biologiques, physiques et chimiques avec les apports de l'écologie. Ce programme travaille en coordination étroite avec l'Action Concertée Incitative (ACI) sur l'écologie quantitative.

Dans les pays en développement, les recherches sur la durabilité des systèmes de cultures et de l'usage des sols sont indissociables de la compréhension des dynamiques sociales. Analyser séparément l'usage des sols et les contraintes pesant sur les agriculteurs serait peu pertinent. La recherche tend à se donner comme objectif, dans ce domaine comme dans d'autres, la compréhension des interactions entre dynamique naturelle et dynamiques sociales.

Les recherches sur les écosystèmes forestiers intègrent des actions portant sur la dynamique des sols et leur devenir après déforestation. Cette recherche, importante pour le devenir des écosystèmes forestiers, s'avère indispensable pour pouvoir mesurer les flux de carbone et la réalité des "puits de carbone" dans les sols.

La recherche sur l'agriculture périurbaine et les systèmes de production localisés montrent que la traditionnelle opposition villes-campagnes nécessite d'être revisitée. La multiplication des activités agricoles et post agricoles en périphérie des villes et le développement d'activités non agricoles en milieu rural conduisent à

de nouvelles recherches sur les dynamiques locales de production, de transformation et de commercialisation agricoles.

Enfin, les recherches se sont surtout multipliées sur les modes de gestion concertée ou contractuelle. Elles ont sensiblement modifié les conditions de la recherche agronomique qui tient compte de plus en plus des représentations et des besoins des agriculteurs et s'associe aux sciences sociales. Cette évolution concerne aussi bien l'usage des sols que la sélection variétale.

## La gestion durable des écosystèmes terrestres

La gestion durable des écosystèmes terrestres est un domaine de grande complexité dans lequel interviennent aussi bien la population humaine et ses organisations sociales, l'histoire, naturelle et sociale, les usages agricoles, industriels, urbains, énergétiques et les changements globaux.

La création du système d'observation et de représentation Land Use-Land Cover est une étape nécessaire pour situer l'évolution des écosystèmes terrestres, comprendre les flux qu'ils échangent entre eux et avec les autres compartiments (atmosphère, climat, hydrosystèmes, sous-sols). Cette étape nécessaire n'est cependant pas suffisante. Si les résultats de l'action humaine sur les écosystèmes sont observables par satellite, ces données doivent être croisées avec des données socio-économiques (fiscalité, régime de propriété...). D'autre part, dès qu'on cherche à dépasser l'échelle locale, on s'aperçoit qu'il est nécessaire de disposer de données "spatialisées". La gestion des écosystèmes terrestres vise à concilier dynamique naturelle et dynamiques sociales.

## Gestion durable des ressources en eau

Les connexions entre les eaux de surface et souterraines nécessitent de les considérer comme un ensemble indissociable dans l'optique d'un développement durable. Les relations hydrodynamiques entre les deux domaines sont étroites même si elles obéissent à des lois physiques et physico-chimiques très différentes. A cette dimension, purement physique et environnementale, s'ajoute la dimension socio-économique. En effet, les ressources en eau sont partagées entre une multitude d'acteurs et d'usages souvent conflictuels. Une gestion durable doit donc intégrer l'ensemble de ces facteurs, être protectrice des milieux naturels, la plus économe possible et, à l'échelle du système aquifère, permettre la multiplication des utilisations en veillant à préserver la ressource.

Plus concrètement, la gestion durable de l'eau doit notamment intégrer les éléments suivants :

- le potentiel de la ressource, sa qualité, son évolution face aux risques de pollutions, ou face aux interactions avec le milieu naturel,
- les demandes en eau et les rejets liés à la population urbaine et rurale, aux activités industrielles et agricoles,

- l'évolution démographique, celle de l'emploi des actifs et du niveau de vie,
- l'étude des marchés des productions industrielles et agricoles, dans la région concernée, dans le pays et à l'exportation ainsi que l'étude des marchés des activités induites par les activités consommatrices d'eau,
- les externalités générées par les usages de l'eau, notamment agricoles et industriels, que ce soit sur l'environnement du fait de l'artificialisation des milieux ou de l'effet de serre,
- les ressources financières dégagées par ces marchés,
- les besoins en infrastructures nécessaires à l'exploitation de la ressource et au développement de l'activité économique, ainsi que les coûts de maintenance correspondants et les impacts environnementaux de ces infrastructures,
- le développement de technologies innovantes adaptées.



## Les recherches en France

La première étape nécessite d'acquérir une connaissance suffisante de la ressource pour pouvoir ensuite préconiser des modes de gestion adaptés. Sur le plan quantitatif, les laboratoires de recherche français se sont mobilisés depuis de nombreuses années pour mettre au point des techniques exploratoires innovantes (ex. détection des anomalies du radon pour la recherche d'eau dans les milieux de socle ; méthode sismique haute résolution pour la recherche de ressources profondes...). Des techniques et réseaux (incluant la télétransmission des données par satellites) de suivi de l'évolution des ressources ont été développés et mis en place dans certains secteurs. Parallèlement, des outils de modélisation performants ont été développés pour la gestion intégrée et optimisée des différents types de ressources (nappe-rivière, bassins sédimentaires, karst, aquifères de socle). Des techniques innovantes ont également été mises au point pour pouvoir accroître le potentiel des ressources sollicitées au-delà de leur capacité et pour en assurer la pérennité (ex. réalimentation artificielle à partir d'eau naturelle ou d'eau usée recyclée).

Le deuxième aspect, aussi essentiel, est la qualité de la ressource. Les avancées de la recherche ont permis de passer "des effets aux causes", c'est-à-dire de la qualité de l'eau à la qualité des milieux aquatiques, donc à l'ensemble des écosystèmes qui influencent l'évolution des eaux souterraines ou de surface. La notion de bassin versant et l'échelle d'étude qui lui est associée se sont ainsi très largement imposées dans les thèmes de recherche de tous les organismes concernés. Les axes de recherche les plus récents sont les suivants :

- transferts et contrôle de polluants d'origine agricole à l'échelle du bassin versant,
- réhabilitation de ressources contaminées par des pollutions accidentelles (de type industriel),
- gestion intégrée des périmètres et des bassins versants irrigués,
- protection des zones de captages,
- réhabilitation des zones humides,
- impacts de la gestion des bassins versants sur la santé des océans et des zones côtières.

Ces programmes de recherche peuvent largement déborder le contexte de la ressource en eau. Ainsi par exemple, l'étude des interactions avec le sous-sol, avec les zones côtières, avec l'atmosphère (pour les problèmes de pollutions et de dépôts) prend une importance croissante dans tous les organismes de recherche concernés. Cela permettra, entre autres, de développer des modélisations hydrologiques pouvant être couplées à des modèles de circulation atmosphérique, de transport et d'évolution des substances chimiques et/ou de particules.

Le Programme National de Recherche en Hydrologie (PNRH) a pour vocation de développer une approche intégrée du cycle continental ainsi que des interactions avec des flux associés (énergie, solutés, gaz, sédiments).

Le champ socio-économique fait également aujourd'hui l'objet de recherches et devient de plus en plus indissociable de l'aspect "ressources". Un certain nombre d'outils de modélisation hydro-socio-économique innovants pour le développement ou la gestion durable des ressources en eau ont été mis au point ces dernières années. Parmi ces modèles figurent des "Systèmes Multi-Agents" qui autorisent la simulation de scénarios élaborés en commun avec les usagers pour la gestion de l'eau ou d'autres ressources. Au sein de l'espace français et européen de la recherche, les orientations définies à Rio peuvent s'appuyer sur des programmes structurés et sur des outils performants (modélisations couplées hydraulique - hydrogéo-chimie, ou socio-économie - hydraulique). Toujours dans le champ socio-économique et à travers différents programmes, des croisements tendent à s'opérer entre des interrogations sur la gestion durable de la ressource en eau et les effets d'accidents (notamment dans les domaines industriels et agricoles), de catastrophes naturelles. Il ressort en effet que le "temps long" de la gestion durable doit intégrer une série d'événements qui, malgré leur caractère exceptionnel, pèsent structurellement sur les modalités mêmes de cette gestion.

## Une recherche au service des pays en voie de développement

L'allocation des ressources à la population et aux diverses activités économiques, tant du point de vue quantitatif que qualitatif, est la clef du succès d'un plan d'aménagement. Le recours à une ingénierie basée sur les techniques traditionnelles de traitement et d'épuration n'exclut pas la recherche et la mise en œuvre de techniques innovantes, plus performantes.

Ainsi, la recherche française peut se décliner, au plan technique, de différentes manières au service du développement durable dans les pays émergents ou en voie de développement, et notamment au niveau :

- de la recherche de ressources nouvelles au moyen de techniques géophysiques et satellitaires performantes,
- du recyclage des eaux usées,
- de la protection des captages d'eau potable,

- de la gestion intégrée et de la protection des ressources en eau,
- de la gestion des cultures et de l'irrigation,
- de la prévision et de la gestion des inondations,
- de la recherche sur les usages sociaux de l'eau et les moyens de minimiser le recours aux techniques innovantes et performantes ci-dessus, dans la mesure où elles existent en raison d'externalités que la gestion concertée a pour objet de minimiser,
- de la recherche en économie, visant la durabilité des modes de gestion du systèmes eau-usages à travers la définition concertée de modalités d'accès à l'eau et de moyens d'internaliser les effets externes.

Des actions concernant les systèmes d'irrigation, en particulier dans les pays du Maghreb, du Sahel et du Brésil, sont poursuivies depuis plusieurs années. Ces actions, à la jonction de l'économie et de l'étude des hydrosystèmes, sont dans la ligne des orientations de Rio. Plusieurs organismes sont par exemple engagés dans le cadre d'un projet européen à identifier les fortes teneurs en divers éléments sur le pourtour méditerranéen et à définir des solutions et méthodologies à mettre en œuvre pour essayer de résorber le problème. Toutes ces actions peuvent se mener dans le cadre de partenariats avec des organismes implantés dans les pays émergents, par exemple avec l'aide de financements bilatéraux ou européens. Certains organismes ont également pour vocation, en plus de leur mission de recherche, d'apporter un appui technique et institutionnel pour la gestion durable des ressources en eau auprès des pouvoirs publics français et des Etats étrangers.

Ils peuvent notamment leur fournir :

- des outils d'aide à la décision fondés sur des prévisions fiables de l'évolution qualitative et quantitative des eaux souterraines ;
- un appui technique pour l'élaboration et l'application de modalités de gestion qui peuvent être techniques, réglementaires, économiques, sociales, ainsi que la formation nécessaire ;
- des méthodes de diagnostic portant sur les usages sociaux de l'eau ;
- des méthodes et outils de négociation entre acteurs usagers et gestionnaires de l'eau.

## Propositions

Qu'il s'agisse des programmes nationaux de recherche fondamentale, ou des réseaux de recherche et développement technologiques (Rit'Eau), ou du Programme Systèmes Irrigués au Sahel ou au Brésil, les initiatives publiques françaises dans le domaine de l'eau impliquant les établissements publics de recherche, des partenariats avec les entreprises et bureaux d'études concernent actuellement des enjeux nationaux aussi bien que des enjeux propres aux pays en développement.



Ces programmes devraient incorporer de manière plus explicite des objectifs de développement durable tournés vers les besoins de pays en développement, comme proposé par exemple dans le cadre d'observatoires de la ressource hydrique en zone méditerranéenne, de la France au Maghreb et le développement de recherches et d'observatoires dans les pays du sud du Sahara. La disponibilité en eau est aussi l'une des questions majeures des contextes insulaires, notamment des Départements et Territoires d'Outre-Mer. La France a acquis dans ces contextes une expérience scientifique et technique disponible pour d'autres pays.

## Océans et zones côtières

La problématique de la gestion durable des océans et des zones côtières concerne tout particulièrement la France, qui représente la troisième Zone Economique Exclusive (ZEE) au monde avec les DOM-TOM. Dans un contexte marqué par des régulations internationales (dont la Convention sur le Droit de la Mer, 1994) et une tendance à la régionalisation (Union européenne, Forum du Pacifique Sud, Communauté des Caraïbes, etc.), la recherche s'est portée principalement sur quelques grandes thématiques.

### ■ Evaluer et gérer l'environnement marin et côtier

La situation française est caractérisée par des densités moyennes de population plus fortes sur la côte qu'à l'intérieur du pays, des activités très diverses dominées par le développement du tourisme (30 millions par an sur les côtes), concomitant avec des politiques fortes de protection (loi littoral), de gestion de l'eau (loi sur l'eau) et de lutte contre les pollutions telluriques et accidentelles. En termes d'activité de recherche, l'environnement marin et côtier concerne les mers régionales, le plateau continental et ses marges dans la ZEE, ainsi que la frange littorale à l'interface entre terre et mer. La construction de la recherche est doublement déterminée par la demande locale et par les accords internationaux, au centre desquels intervient l'arsenal législatif et institutionnel de l'Etat, en partie délégué aux collectivités territoriales.

*Le suivi et la mesure répétée de l'état des milieux, des pressions et des impacts qu'ils subissent sont, sous forme de réseaux de surveillance côtiers, à la base de l'évaluation et de la prédiction pour bâtir les politiques (santé, patrimoine naturel, activités économiques) et les évaluer. Selon des espaces de gestion cohérents, ces réseaux demandent à être intégrés dans des systèmes d'information couplés à des modèles côtiers mais également à des inventaires cartographiques des habitats côtiers (herbiers en Méditerranée). Afin de détecter et prédire les changements de l'environnement marin et côtier, il est nécessaire d'adjoindre à ces réseaux de surveillance des systèmes de mesure en continu s'appuyant sur l'observation spatiale et le développement technologique de bouées de mesure (MAREL) dans le cadre de la composante côtière (des estuaires jusqu'à la limite de la ZEE) du Système Global d'Observation des Océans (GOOS). Cette échelle d'observation est indispensable pour relier l'observation à la prédiction des effets d'événements liés au changement climatique.*

Les études scientifiques sur les effets des activités humaines sur les principaux cycles biogéochimiques (Carbone, Azote, Phosphore) et leurs impacts à l'interface terre-mer (bassin versant - zone côtière) devront être renforcées, nécessitant une coopération accrue entre partenaires scientifiques. Le rapprochement des mondes de la science et de la gestion pour une meilleure mise à disposition des données et de l'information vers les acteurs locaux, nécessitent non seulement de mettre en place des mécanismes de collaboration entre gestionnaires et scientifiques mais également entre organismes de recherche complémentaires en termes thématique et géographique (sciences de la nature/sciences sociales ; Nord/Sud).

### ■ Développer l'océanographie opérationnelle

La variabilité physique de l'océan influence l'évolution du climat, la productivité biologique et les ressources halieutiques. Elle conditionne les activités maritimes et la vie des populations locales. L'océanographie opérationnelle s'appuie sur des programmes nationaux et internationaux de recherche visant la connaissance du fonctionnement des océans et de leur variabilité à différentes échelles de temps et d'espace. Les travaux à la mer et la collecte des données satellitales (vent, vagues, flux) nourrissent à la fois les modèles et la construction de longues séries temporelles nécessaires au suivi du climat. Comme dans le domaine côtier, la pluri-disciplinarité est indispensable au couplage des modèles physiques et biogéochimiques. Les géosciences marines, qui s'intéressent à l'origine des fonds marins, à leur évolution et aux processus à l'interface fond/océan, s'inscrivent dans un contexte socio-économique nouveau (biotechnologies, pétrole, minéraux) qui fait de la ZEE française un enjeu stratégique global de tout premier ordre.

### ■ Exploiter durablement les ressources vivantes

Comme pour les autres pays concernés, le nouveau droit international de la mer rend la France responsable de la conservation des ressources et de la rationalisation de son exploitation dans les limites de sa ZEE. Afin de limiter la surpêche, la politique nationale s'appuie sur la régulation de l'accès à la ressource qui passe notamment par l'application de la réglementation communautaire. Aujourd'hui, la préservation de la pêche nécessite la restauration des ressources halieutiques.

Les principales recherches en cours portent sur l'amélioration des connaissances de la structure et des fonctions des écosystèmes, particulièrement en recherchant des synergies avec les études sur l'environnement côtier, et celle des modèles de gestion en intégrant les apports des différentes disciplines (halieutes, économistes, sociologues, géographes) et de leurs outils (dont l'observation spatiale) dans des modèles de gestion intégrée pluridisciplinaires. Des approches innovantes et compatibles sont développées pour la pêche artisanale et l'aquaculture (élevage de nouvelles espèces, polyculture), particulièrement pour la conchyliculture en métropole et le renforcement des pratiques aquacoles dans les DOM-TOM.

## ■ Lutter contre la perte de biodiversité marine et promouvoir les aires protégées

Les écosystèmes évoluent sous l'effet du changement climatique et les communautés d'organismes vivants sont soumises à des stress. Les récifs coralliens en sont une illustration facilement observable ; la présence accrue de poissons tropicaux dans les eaux européennes en est une autre. Les chercheurs observent également des déplacements d'habitats d'espèces végétales et animales sous l'effet du changement climatique. Ils s'attachent de plus à renforcer les inventaires de biodiversité marine de type ZNIEFF et leur intégration avec les travaux sur l'état de la qualité des milieux afin d'en tirer une typologie adaptée aux différents types d'écosystèmes (arctique, tempéré, tropical). Par ailleurs, des études sur l'identification des impacts des activités humaines sur les pertes de biodiversité marine (pollution, pêche, aquaculture, etc.) sont effectuées.

La perte de biodiversité est liée à la destruction ou à la dégradation des habitats. Une des réponses à cette menace a été de créer des aires marines protégées. La question de l'impact des aires marines protégées sur la biodiversité et les ressources reste néanmoins ouverte en l'absence de réelle approche systémique (écosystème et système socio-économique) de ces zones. En France, les recherches portant sur la biodiversité marine et le rôle des aires marines protégées restent insuffisantes.

## ■ Développer la démarche de gestion intégrée des zones côtières

La gestion des zones côtières et des zones économiques exclusives est particulièrement mentionnée dans le Chapitre 17 de l'Agenda 21. La France, dans ce domaine, possède un arsenal juridique conséquent (loi littoral, loi sur l'eau, loi d'orientation pour l'aménagement du territoire, etc.) mais n'a pas encore de stratégie nationale spécifique à cet espace situé à l'interface terre-mer. L'intégration des outils au service de la gestion intégrée des zones côtières dans les domaines des sciences de la nature et des sciences sociales, permettant de couvrir toutes les phases du processus de gestion intégrée des zones côtières, a notamment été développée.

## ■ Le cas particulier des petites îles et des petits Etats insulaires en développement

Qu'il s'agisse de départements ou de territoires, la France est directement concernée par le problème spécifique du développement durable des petites îles, particulièrement pour faire face aux menaces identifiées lors de la session spéciale (Barbades +5) de l'Assemblée générale des Nations unies : le changement climatique, les cataclysmes naturels et la variabilité du climat, les ressources en eau, les ressources côtières et marines, l'énergie, et le tourisme. Des bases de données et des indicateurs (environnementaux et socio-économiques) permettent d'évaluer la vulnérabilité des petites îles face aux menaces spécifiques. Par ailleurs, la gestion intégrée des bassins versants et des zones côtières mobilise des outils scientifiques.



## Perspectives de recherche

En matière d'océanographie opérationnelle, il est important d'augmenter la prédictivité de la variabilité et du changement climatiques afin d'aider à la décision en matière d'adaptation, à partir des données et de l'information fournies par des Systèmes d'observation globale des océans qui soient intégrés et interdisciplinaires. Ces systèmes s'appuieront sur des réseaux d'observation spatiale du type du futur réseau européen GMES (surveillance globale de l'environnement et de la sécurité), en couplage avec l'observation en mer et des plateformes de mesures autonomes pour des séries à long terme et à très grande échelle. Il faut en outre renforcer les programmes d'études interdisciplinaires (PNEC, JGOFS, GLOBEC, etc.) de la dynamique des systèmes marges océaniques/hauturier dans le but de détecter et de prédire plus efficacement les changements aux échelles globales et régionales.

L'exploitation durable des ressources vivantes implique de renforcer le suivi et l'analyse de l'évolution des stocks pour contribuer à l'élaboration progressive des systèmes régionaux (mers régionales) d'information halieutique et l'élaboration de scénarios de gestion prenant en compte les interactions entre les mécanismes du marché et l'évolution de la ressource dans son milieu.

Par ailleurs, la contribution des biotechnologies à la valorisation des produits de la mer et le soutien à la recherche technologique pour la transformation des produits de base en association étroite avec les centres techniques et les industriels doivent être renforcés.

Afin de lutter contre la perte de la biodiversité marine et de promouvoir les aires protégées, il importe que la recherche scientifique élabore des règles de bonne conduite pour la préservation des ressources génétiques des grands fonds marins (marges actives et passives) et, en association étroite avec le secteur privé, de soutenir la recherche pour la valorisation de la biodiversité marine (milieux tropical et profond).

Le soutien des démarches de gestion intégrée des zones côtières implique que la recherche contribue davantage à l'intégration des outils scientifiques et techniques nécessaires à la gestion intégrée des zones côtières en France, et participe de manière plus interactive à la coopération internationale dans ce domaine. Des systèmes d'indicateurs (environnementaux, socio-économiques, de processus) permettant aux gestionnaires d'opérer le suivi-évaluation et l'adaptation continue des programmes ou projets de gestion devront être mis au point. Il s'agira enfin de mettre en réseau les différentes expériences locales pour faciliter les échanges d'expériences et identifier les bonnes pratiques, et participer activement aux réseaux internationaux dans ce domaine, particulièrement par la régionalisation des activités menées dans les DOM-TOM.

Dans le cas particulier des petites îles, les priorités portent sur la réalisation d'inventaires (ressources halieutiques, benthiques, pétrolières, minérales, etc.) et l'intégration des connaissances utiles à la gestion des activités menées dans la zone économique exclusive. La recherche devra s'impliquer davantage dans les forums régionaux insulaires (pêche, environnement) et dans le réseau mondial insulaire.

## Le système climatique

Les inquiétudes actuelles relatives à l'évolution de notre système climatique ont pour origine l'augmentation de l'effet de serre dans l'atmosphère terrestre. Cette augmentation, liée à l'accumulation de composés à effet radiatif d'origine anthropique, se produit à une vitesse nettement plus rapide que celle des processus naturels connus susceptibles de modifier le climat. Ce changement accéléré du climat de la Terre pourrait conduire à une évolution imprévisible des équilibres existant et de la distribution relative stabilités/instabilités dans le système climatique. A cette première problématique s'ajoute celle de la distribution géographique du changement climatique, les cadastres d'émission des composés anthropiques à faible durée de vie (aérosols, phases hétérogènes) étant différents de ceux des composés naturels.

A l'heure actuelle, la nature semble être parvenue à "éponger" une partie des émissions supplémentaires de carbone dans l'atmosphère : les puits additionnels de carbone constituent même un facteur de "surprise" du système climatique. Mais jusqu'où ? La question de leur variabilité et de leur durabilité est posée, en particulier dans l'optique de gérer à moyen terme les cadastres d'émission par l'action publique (politique de contrôle et de mitigation). L'étude du système climatique préindustriel reste donc une priorité, en particulier pour certaines périodes clés comprenant des évolutions transitoires (les quelques derniers siècles par exemple). Il en va de même de l'étude du comportement de l'océan aux mêmes échelles de temps.

Comprendre comment le système climatique se comporte dans le temps et dans l'espace présente un intérêt qui va bien au-delà du simple défi intellectuel. Derrière l'évaluation du risque climatique et l'amélioration des prévisions météorologiques, les enjeux économiques sont considérables. L'impact déjà perceptible des activités humaines sur le climat pose à nos sociétés des problèmes nouveaux : quelle va être l'évolution du climat à l'horizon de la fin de ce siècle et existe-t-il des risques de changements rapides (par exemple par interruption du Gulf Stream) ? De combien sera la montée du niveau général des océans et quel en sera l'impact sur les régions côtières européennes ? Que deviendront les ressources en eau et quelles seront les conditions climatiques à l'échelle régionale, conditions dont dépend l'agriculture dans nos pays et dans les pays en voie de développement ? Quelle sera la variabilité des conditions météorologiques et assistera-t-on à une augmentation de la fréquence des événements extrêmes ?

Les réponses scientifiques obtenues aux questions posées permettront d'établir les bases d'une politique efficace de gestion d'un développement durable. Pour pouvoir répondre à ces questions, il faudra, dans les années à venir, créer ou renforcer les axes de recherche suivants :

- Documenter l'état climatique de la Terre avant le début de l'ère industrielle pour mieux appréhender la variabilité naturelle du climat.

Un effort particulier doit être entrepris sur les glaciers alpins et tropicaux, les cernes d'arbres et les coraux pour obtenir des séries climatiques couvrant les derniers siècles avec une résolution de l'ordre de la saison ou l'année.

- Mettre en place des systèmes d'observations pérennes visant à collecter des données sur l'évolution de la couverture nuageuse, du niveau de la mer, de la température superficielle des océans et de la teneur en phytoplancton des océans, de la glace de mer et de la composition chimique de l'atmosphère. La conjonction d'observations satellitaires et de données au sol est un objectif majeur.
- Evaluer le rôle des surfaces continentales dans les cycles biogéochimiques et les impacts du changement climatique sur les ressources en eau, en sol et sur les écosystèmes.

## Le système atmosphère/océan/surfaces continentales

Les recherches à mettre en œuvre concernent le système couplé atmosphère/océan/surfaces continentales.

### ■ L'atmosphère

En ce qui concerne l'atmosphère, les recherches doivent viser la compréhension des processus de transfert et de transformation d'énergie qui déterminent l'évolution du milieu atmosphérique et donc l'évolution météorologique et climatique, et de ceux qui conditionnent la composition de l'atmosphère en gaz et particules et tout particulièrement les composants liés à ses propriétés radiatives et à son pouvoir oxydant.

Ces objectifs de recherche se trouvent en amont et contribuent fortement aux besoins d'amélioration des prévisions météorologiques et climatiques. La tendance actuelle vers les études de petite échelle permet en outre d'aborder plus efficacement que par le passé des questions à fortes retombées économiques comme l'étude des divers risques naturels engendrés par l'atmosphère (tempêtes, inondations), des mécanismes de pollution et la qualité de l'air, de la dissémination des polluants à l'échelle locale et mondiale et la prévision météorologique à l'échelle locale.

Dans les années à venir, un certain nombre d'axes prioritaires sont à développer pour mieux cerner le fonctionnement de l'atmosphère : améliorer la prévisibilité des modèles météorologiques à différentes échelles de temps et d'espace ; comprendre le rôle des nuages dans le bilan radiatif de la Terre ; appréhender et modéliser la complexité de la chimie de l'atmosphère (mise en évidence des espèces chimiques, réactions chimiques hétérogènes entre particules solides, liquides et gaz) ; étudier, prévoir et gérer la pollution atmosphérique dans les zones urbaines.



## ■ Les océans

En ce qui concerne les océans, les objectifs de la recherche portent principalement sur la compréhension du rôle de l'océan dans la régulation du climat et des cycles des éléments naturels et polluants dans l'océan et le rôle de l'activité biologique, ainsi que sur la gestion des ressources marines. Les enjeux concernent donc à la fois l'échelle planétaire et la zone côtière, directement soumise aux activités humaines. Ces recherches impliquent une connaissance approfondie du fonctionnement intrinsèque de l'océan, de ses interactions avec l'atmosphère, la cryosphère, les continents, les sédiments et les écosystèmes.

*Les progrès récents les plus marquants concernent :*

- la connaissance de la circulation océanique à différentes échelles spatiales et temporelles,
- la production primaire de l'océan mondial et sa variabilité spatiale et temporelle,
- la mise en place de l'océanographie opérationnelle à l'image de la météorologie,
- les méthodes spatiales d'observation de l'océan et les instrumentations de mesures des paramètres (physiques, chimiques et biologiques) de l'eau de mer,
- la modélisation numérique intégrant de plus en plus de paramètres pertinents (physiques, chimiques et biologiques).

*A partir de ces avancées récentes, il est possible de dégager les domaines suivants à étudier en priorité :*

- la contribution de l'océan à la variabilité climatique,
- les échanges entre l'atmosphère et l'océan,
- le rôle de l'activité biologique sur la composition chimique de l'océan (et réciproquement).

## ■ Les modèles

Les outils de simulation disponibles reposent sur des modèles physiques très différents quant à leur prise en compte de certains paramètres majeurs du système climatique (nuages, chimie hétérogène, bilan radiatif, sols...). La mise en place d'un ensemble cohérent et interactif de modèles prenant en compte en temps réel les avancées de la connaissance est donc d'une grande priorité. Sur un système déjà en évolution, ces modèles ne peuvent être validés que par l'assimilation de données d'observation à toutes les échelles (en particulier les données obtenues par télédétection satellitale). L'enjeu à relever est donc celui de l'interactivité et du partage des ressources, et d'un *continuum* équilibré recherche/action publique. Les plus grandes incertitudes se trouvent aujourd'hui dans les régions les plus vulnérables à un changement climatique potentiel. Dans une démarche de recherche sur la régionalisation de l'impact du changement climatique, il semble donc indispensable, dans une logique de développement durable, que les dispositifs de recherche des pays développés, qui sont en général les pays les moins exposés et les moins vulnérables, prennent en compte les pays du Sud dans une démarche concertée et organisée.

## ■ Technologies de lutte contre le changement climatique

Les recherches portent également sur les divers moyens de lutte contre le changement climatique, qu'il s'agisse de la réduction des émissions atmosphériques de gaz à effet de serre ou de la prévention de leurs effets, qu'ils soient lents

(remontée du niveau des mers) ou soudains. En matière de prévention des émissions, les réponses sont principalement apportées par la réduction des consommations d'énergies fossiles. Mais des recherches sont également entreprises sur la séquestration géologique du carbone, qu'il s'agisse de minéralisation à l'état solide ou de séquestration géologique en couche profonde. Les dispositifs en cours de développement dans un cadre européen concernent soit la périphérie des gisements de pétrole ou de gaz, soit des gisements profonds de charbon (production assistée de méthane), soit des aquifères salins.

Par ailleurs, les analyses économiques et technico-économiques jouent un rôle dans l'élaboration des stratégies de réponse au changement climatique : scénarios, variantes d'impacts, coût-efficacité des options, interaction des économies, conception et évaluation de "nouveaux" instruments économiques (taxes CO<sub>2</sub>, commerce d'émissions, synergie entre les instruments), externalités et économie du long terme. Les acquis dans ce domaine s'avèrent tout à fait compétitifs, bien qu'insuffisamment diffusés.



## Sous-sol et ressources minérales

Le sous-sol constitue une dimension fondamentale pour le fonctionnement et l'équilibre de notre planète d'autant qu'il recèle des ressources non renouvelables (même si elles peuvent être abondantes). En effet le système vivant, et plus encore le développement des sociétés humaines, est dépendant des espaces et des ressources du sol et du sous-sol. Ces espaces sont essentiels pour des objectifs aussi divers que le développement urbain, la gestion des déchets ou les transports, ou encore des choix stratégiques (de stockage ou de protection par exemple).

Ces ressources sont distribuées de manière très hétérogène dans la croûte terrestre et elles sont relativement peu dépendantes des aléas climatiques. En outre, l'histoire et la géographie du développement ont fait que certains gisements ont été épuisés et sont susceptibles de représenter des risques dont il faut désormais se protéger, alors que d'autres restent à découvrir.

Enfin, les géologues disposent, grâce au développement d'outils de prospection, de modélisation et de gestion de l'information toujours plus puissants, de moyens de connaissance qualitative et quantitative globale des ressources qui permettent de penser une gestion à long terme, d'autant plus nécessaire qu'il s'agit de ressources non renouvelables.

Objets d'appropriation privée par quelques grands groupes multinationaux de plus en plus concentrés, les ressources minérales constituent un facteur déterminant pour le développement des pays du Sud. En effet, à l'exception des matériaux de construction (sables, graviers, granulats), les pays du Nord dépendent des pays du Sud pour leur approvisionnement en ressources minérales, qu'il s'agisse des minéraux pour l'industrie (verre, ciment, papier, isolants...) ou des minerais entrant dans la fabrication des métaux. Quelques points de fluctuation dans les cours de ces matières premières ont un effet déterminant sur l'économie de nombreux pays du Sud.

## Les évolutions récentes en France dans ce domaine


Les mutations accomplies ces dernières années sont significatives. Ainsi, la recherche publique est passée d'une finalité de production minière à une stratégie de connaissance au service d'un développement durable. Les programmes sont sous-tendus par deux objectifs complémentaires : la recherche et l'appui aux politiques publiques.

Outre la mise à jour, régulière depuis plus d'un siècle, de la carte géologique de la France, et la gestion d'une banque de données du sous-sol (plus de 500 000 sites), toute l'information géologique collectée au cours de l'histoire est conservée et tenue à disposition. Ces données ont été numérisées et se sont enrichies de nombreuses "couches" d'informations géographiques portant sur l'ensemble des ressources, des pollutions et des risques. Bénéficiant des avancées des nouvelles technologies de l'information et de la communication, elles sont mises à disposition du public sur le réseau (site "Infoterre") et conçues pour communiquer entre elles et avec d'autres bases, qu'il s'agisse de sources françaises, européennes (site "GEIXS") ou d'autres parties du monde. Un nouveau projet "terre virtuelle" vise à développer ces systèmes d'échanges de données en 3D et de visualisation en les couplant avec des modèles de gestion.

De tels systèmes d'information sont utiles non seulement pour la gestion des ressources minérales, mais aussi pour la gestion de l'espace souterrain. La géosphère présente, en effet, de nombreuses interactions avec la biosphère et on ne peut mener une bonne politique d'aménagement du territoire sans mettre en œuvre des outils permettant de modéliser à long terme l'utilisation du sous-sol ou les transferts des éléments, polluants notamment. C'est plus particulièrement le cas dans les zones urbaines où se concentrent beaucoup de contraintes liées au sous-sol. Ces outils de gestion durable sont développés non seulement pour les applications actuelles (sous-sol des villes, tunnels sous-marins ou subalpins, friches industrielles et sols pollués...) mais aussi pour les applications futures (géoprospective appliquée à la gestion à long terme des déchets nucléaires).

En matière de connaissance et d'inventaire des ressources minérales (ressources minières, minérales et de matériaux), l'ensemble des données géologiques, géochimiques et géophysiques collectées sont mises en forme et tenues à la disposition des opérateurs et du public, pour optimiser l'exploitation des ressources du sous-sol dans le meilleur respect de l'environnement.

La recherche vise la mise au point d'outils de reconnaissance, de traitement et de gestion des ressources (découverte de gisements cachés, traitements "sobres" et "propres", bio-traitements notamment), avec une prise en compte des dimensions écologiques, économiques et sociales, jusque dans la gestion à long terme des anciens sites miniers, domaine dans lequel ont été constitués un groupement de recherche (GISOS) d'une part, et un GIP d'appui aux politiques publiques d'autre part (GEODERIS).



## Connaissance du sous-sol et maîtrise des ressources minérales par les pays du Sud : enjeu de coopération scientifique et de développement

Trop souvent, les pays concernés ne disposent pas de l'information de base qui leur serait nécessaire. C'est pourtant une question stratégique pour leur développement. En fait, seuls les pays développés disposent des capacités scientifiques et techniques de maîtrise de l'information concernant leur sous-sol et leurs ressources. On a assisté ces dernières années à des mutations profondes, de sorte qu'aujourd'hui, les capacités autrefois gérées dans la sphère publique des Etats coloniaux, tendent à se concentrer exclusivement dans les groupes privés.

Le premier impératif de la gestion durable du sous-sol et des ressources minérales est donc de disposer de moyens publics de recherche et de gestion de l'information, et d'un cadre administratif garantissant le recueil et la gestion par la puissance publique des informations stratégiques sur le sous-sol, même lorsque celles-ci sont acquises par des entreprises privées. Cela implique un travail important de formation et de construction de capacités techniques dans les pays du Sud. De telles initiatives ne peuvent se situer que dans le cadre de l'aide publique au développement. Mais les ressources allouées à ces formes de coopération ont décliné drastiquement ces dernières années aussi bien au plan bilatéral qu'au niveau européen (la procédure Sysmin est loin d'être employée au niveau requis) ou international (tendance à la réduction des initiatives de la Banque Mondiale dans ce domaine). Quelques missions d'assistance technique et de développement des capacités dans les pays tiers (ex. Inde, Andes, Afrique...) ou au profit d'organisations régionales, ont été effectuées, dans le cadre du CIFEG par exemple. Enfin, les questions de déprise minière et de lutte contre la pollution constituent aussi des sujets de coopération et de transfert de capacités, en particulier à l'égard des pays d'Europe centrale ou d'Asie.

Depuis dix ans, les recherches sur ce thème ont été développées en Afrique (équilibre économique et social des mines artisanales) et en Europe de l'Est (gestion de l'impact des exploitations métalliques).

*Une gestion durable des ressources implique la mise en place de dispositifs d'échanges d'information entre les pays au niveau régional, et une capacité d'analyse stratégique et prospective qui ne peut être monopolisée par un seul pays<sup>8</sup>. Au plan européen, l'organisation "Eurogeosurveys" avec son système d'échange d'information "GEIXS" constitue un exemple de démarche à poursuivre et amplifier. Elle devrait se traduire par une approche cohérente de "l'intelligence minérale" fondée sur une approche combinant :*

- l'acquisition de données géologiques et métallogéniques ;
- l'acquisition de données économiques, sociales et environnementales relatives aux ressources minérales ;
- la veille active sur l'évolution des politiques sectorielles, de l'organisation institutionnelle et sur le jeu des acteurs publics et privés engagés dans le secteur ;

- le traitement combinatoire des informations résultant de ces veilles, la réalisation d'études, de synthèses, de bases de données et de système d'information géographique et leur diffusion sur différents supports ;  
- une politique de communication et de vulgarisation destinée aux parties prenantes de la conception des politiques publiques.  
Des investissements humains et matériels sont nécessaires pour mener à bien cette mission stratégique à l'échelle européenne, en appui aux politiques de partenariat avec les pays du Sud.

## Perspectives de recherche en partenariat

Les besoins portent sur les méthodes inverses permettant d'intégrer les données géophysiques dans la construction des modèles, sur le développement des méthodes de datation ponctuelle des phénomènes géologiques et sur les connaissances géologiques de base. Les besoins en développement technologique correspondent aux moyens de levés géophysiques aéroportés, satellitaires ou au sol. L'instrumentation analytique dans le domaine de la géochronologie est également essentielle, mais est prise en charge par les industriels. Les voies de collaboration à développer portent sur l'identification, la sélection et la mise en œuvre de programmes d'acquisition et de modélisation de données. Les pays du Sud ont besoin de programmes pour une meilleure connaissance géologique de leurs territoires.

Le développement des recherches à l'interface entre sciences de la Terre et sciences de l'information constitue un enjeu majeur : la sauvegarde sous forme numérique des données géoscientifiques, garantissant leur accessibilité pour le bâti et la construction des modèles, et la mise à disposition des résultats aux chercheurs comme aux décideurs et aux citoyens.

La conception de bases de données géoréférencées, de choix de langage permettant l'interopérabilité et les avancées conceptuelles sur la modélisation 3D des objets géologiques, basée sur la prise en compte des données géophysiques via des modèles inverses, constituent un enjeu prioritaire.

Dans le domaine de la métallogénie, les activités de recherche doivent être poursuivies sur les grandes synthèses régionales, à l'échelle d'un continent, et sur les mécanismes de métallogenèse. Par ailleurs, les réflexions sur l'intelligence économique, les cycles de vie globaux des éléments métalliques et les liens avec les sciences humaines (socio-économiques, impact sociologique du développement des mines artisanales) constituent également une priorité. Les besoins en recherche fondamentale portent sur le comportement thermohydromécanique de la croûte en liaison avec la circulation des fluides, la thermodynamique et la cinétique des interactions minéral-solution et, pour les gisements supergènes, l'imbrication entre phénomènes abiotiques et biogéochimie. Les développements technologiques recouvrent les besoins adaptés à la prospection minière et en méthodologie d'analyse.

Enfin, les contraintes environnementales, locales et globales, sollicitent de plus en plus le développement de voies innovantes dans l'exploitation et la valorisation des minerais et substances minérales (biotechnologies, techniques séparatives, automatisation et contrôle des procédés...).



## Connaissance et impact des catastrophes naturelles

Les catastrophes naturelles constituent un enjeu spécifique que doivent prendre en compte les politiques de développement durable. Phénomènes brutaux à fort impact, elles contribuent à accentuer la détérioration des conditions sociales et économiques de populations souvent déjà fragiles ; leur effet est exacerbé dans les territoires insulaires ou isolés géographiquement. Elles affectent ainsi en priorité les populations des pays les moins développés de la zone intertropicale qui est la plus touchée par les aléas météorologiques (cyclones, pluies torrentielles), volcaniques et sismiques. Ce sont surtout les populations pauvres ou défavorisées, reléguées dans des zones d'habitat bon marché qui en subissent les conséquences : zones inondables (Europe), zones de risques sismiques (Istanbul), zones de forte pente péri-urbaine (La Paz, Hong-Kong, Rio) où les règles de construction destinées à réduire l'impact des catastrophes n'existent pas, ou bien ne sont ni appliquées ni applicables dans le contexte économique et social. En effet, la faiblesse des systèmes de protection sociale, des services publics de protection civile, sanitaire et d'assistance accroît considérablement la gravité des catastrophes.

Ces phénomènes, même s'ils sont fatals, peuvent être appréhendés par des travaux scientifiques permettant, sinon de les prédire, du moins d'en évaluer à l'avance les aléas et ainsi d'en réduire les effets et d'épargner les populations. La réduction de la vulnérabilité est possible, mais elle nécessite l'implication et les efforts des politiques publiques, la prise de mesures de prévention et de précaution appropriées pour éviter, sans altération des conditions économiques et sociales préexistantes, les développements urbains et industriels dans les zones à risque. Parmi les mesures les plus efficaces figurent avant tout l'information et la formation, puis l'utilisation des outils économiques, comme les assurances.

On ajoutera que des travaux de recherche tendent à montrer que les changements climatiques induits par l'augmentation de l'effet de serre sont susceptibles d'accroître notablement les aléas, tels que la fréquence et l'intensité des crues et des tempêtes. Des populations et des territoires, aujourd'hui épargnés, pourraient alors être affectés.

En matière de connaissances des risques naturels, il est important de rééquilibrer la recherche sur les aléas (qui font l'objet d'importants investissements scientifiques) et celle des vulnérabilités (moins analysées). Cela passe notamment par des approches pluridisciplinaires, intégrant notamment sciences de la nature, sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales.



## Evolution de la prise en compte scientifique de ces problèmes en France

De par sa diversité géographique et géologique, la France, métropole et territoires d'outre-mer, est affectée par un large éventail de risques naturels. Les risques d'inondations sont les plus importants en fréquence dans l'hexagone, et ceux qui



affectent le plus l'économie régionale et nationale, mais on doit aussi prendre en compte, dans certaines régions de métropole et principalement d'outre-mer, le risque sismique, le risque d'avalanches, les glissements de terrains et les effondrements de cavités, auxquels s'ajoutent dans les DOM-TOM, les risques volcaniques et cycloniques dont l'impact social et humain est direct.

La surveillance et la prévision sont assurées par plusieurs institutions scientifiques publiques qui s'appuient notamment sur les données des observatoires, des réseaux sismiques et sur les données satellitaires collectées par elles-mêmes et par d'autres réseaux nationaux et internationaux (réseau météo et réseau Tsunami).

En matière d'appui aux politiques publiques, des bases de données orientées vers les acteurs concernés (aménageurs, collectivités, architectes, notaires), l'éducation et le grand public sont développées à la demande du ministère chargé de l'Environnement. Un plan d'action sur cinq ans est en place pour offrir une information exhaustive sur l'ensemble du territoire (métropolitain et outre-mer). Des actions plus spécifiques ont été engagées en Polynésie, aux Antilles et sur la côte d'Azur. Des méthodes d'analyses multirisques et de gestion de crise ont été développées, notamment pour l'appui aux administrations centrales et aux régions et pour la formation et l'information.

Dans le domaine des risques naturels, des programmes de recherche fondamentale sont menés dans le cadre de programmes nationaux. En outre, plusieurs programmes encouragent le transfert technologique vers les PME/PMI et la diffusion de connaissance vers les secteurs d'activités plus en aval. Plusieurs programmes sont également en cours dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRD. Les progrès scientifiques les plus marquants ont notamment porté sur l'identification des mécanismes générateurs d'aléas, les outils de simulation numérique et les méthodes de mitigation ainsi que sur de nouvelles approches de la vulnérabilité. L'ACI Catastrophes naturelles conduite par le ministère chargé de la Recherche s'inscrit dans cette perspective. Par ailleurs, divers programmes, plus orientés vers les sciences humaines et sociales, s'attachent plus particulièrement à la définition et à l'analyse de la vulnérabilité (GIS Risques collectifs et situations de crise).

## Enjeux de la R&D française pour la coopération et le développement

Les équipes scientifiques françaises interviennent également dans les pays en développement, notamment dans le cadre de programmes de coopération régionaux existants ou en cours de constitution (ceinture radar des Caraïbes par exemple ou station de l'Océan indien pour les risques cycloniques) voire internationaux (collaboration de 25 pays sur le risque Tsunami). Un exemple est fourni par le projet *EC Seismic Risk Reduction Initiative in the Metropolitan Area of Istanbul* dans le cadre du programme ECHO (Office d'aide humanitaire de la Commission européenne).

Les établissements publics de recherche français souhaitent développer une concertation régulière sur les enjeux de développement des pays du Sud et les questions internationales où les complémentarités entre recherche académique, recherche finalisée, appui aux politiques publiques et entreprises privées peuvent

contribuer à la réduction des impacts des catastrophes naturelles. En effet, en dehors de quelques cas spectaculaires (cyclones d'Amérique centrale), on compte aujourd'hui très peu d'actions institutionnelles dans ce domaine.



## Perspectives de la recherche

Les activités de recherche se développeront dans un cadre interdisciplinaire et inter-organismes. Elles continueront à porter sur l'ensemble des "compartiments" des catastrophes naturelles, qu'il s'agisse des inondations, des risques sismiques et volcaniques ou des mouvements de terrain (d'origine sismique, chutes de blocs, coulées de boues, effondrements liés aux cavités souterraines). Une attention particulière sera portée au comportement des zones littorales, qui concentrent de plus en plus les populations et qui sont soumises à des aléas géologiques, tels que l'évolution du trait de côte et le comportement des falaises. Ces zones ont la particularité d'être les premières exposées aux aléas liés aux changements climatiques.

Les priorités porteront sur les instruments, outils et méthodes de surveillance, modélisations et simulations numériques pour étudier des scénarios, systèmes d'information et d'aide à la décision, incluant les aspects socio-économiques. Dans le domaine des risques géologiques, les recherches sur les mesures géophysiques appliquées à la connaissance des trente premiers mètres du sol, notamment pour la détection des cavités souterraines et des mouvements de terrain, complétées par les méthodes aéroportées ou satellisables sont riches de perspectives. Pour les méthodes géophysiques, les recherches sur le traitement du signal, l'algorithmique et l'identification des propriétés physiques des milieux hétérogènes seront à privilégier.

Une attention particulière est portée sur les méthodes d'interférométrie radar pour la détection de mouvements de terrain de très faible ampleur. Les besoins en développement technologique sont concentrés sur l'instrumentation scientifique, tant dans le domaine géotechnique que géophysique, mais on note là encore le besoin de modélisation et donc les efforts sur les technologies logicielles et les outils d'information des autorités et du public. Sur ces thèmes, il apparaît très important de conduire des recherches permettant de lier les risques naturels aux aspects socio-économiques et de mieux appréhender les liens entre les changements climatiques et les risques naturels.

Les besoins de connaissances fondamentales se concentrent sur la compréhension des mécanismes générateurs de l'aléa géologique, comme la sismo-tectonique, les effets de sites, les phénomènes déclencheurs de l'instabilité des terrains, en particulier, le rôle de l'eau.

L'innovation technologique doit conduire à une baisse significative des coûts de la mesure afin d'en faciliter l'usage, notamment dans une perspective de transferts vers les pays en développement.

### Note

8 - Comme cela tend à être le cas aujourd'hui avec l'USGS (US Geological Survey), avec un staff de 10 000 personnes et un budget de 1 milliard de dollars US.

# Moyens de mise en œuvre

Au titre des moyens d'exécution, le chapitre 34 de l'Agenda 21 insiste sur les enjeux du transfert de technologies écologiquement rationnelles. Les principes d'action et les objectifs assignés conduisent à une liste d'activités à mettre en œuvre autour de moyens de recherche technologiques, de nouvelles méthodes d'aménagement et de gestion, d'accès aux informations, du renforcement des capacités en ressources humaines et de la signature d'accords de coopération (crucial notamment pour les pays du Sud). Le chapitre 36 de l'Agenda 21 souligne que "l'éducation, y compris l'enseignement de type scolaire, la sensibilisation du public et la formation, doivent être considérées comme un processus permettant aux êtres humains et aux sociétés de réaliser leur plein potentiel".

Il souligne aussi que l'éducation, de type scolaire ou non, est indispensable pour donner aux populations la capacité d'évaluer les problèmes et d'y faire face.

Le développement de procédures d'expertise collectives pluridisciplinaires, permettant des synthèses des données scientifiques, représente un appui pour les pouvoirs publics et les différents acteurs.





## Transfert des technologies écologiquement rationnelles

S'appuyant sur une tradition établie de coopération internationale, les organismes de recherche français ont introduit les enjeux du développement durable au sein de leurs actions visant à favoriser le transfert technologique vers les pays en développement. Ce dernier implique dans l'idéal d'associer le secteur de la recherche, celui des entreprises et les politiques publiques, dans une démarche de co-construction entre pays du Nord et du Sud. Mais ce modèle idéal n'existe souvent que dans les zones fortement urbanisées et/ou industrialisées, ou d'exploitation intensive des ressources qui comportent parfois un sous-secteur industriel pour la protection de l'environnement. Des technologies de plus en plus performantes peuvent être diffusées et contribuer à contenir l'accroissement des émissions et rejets. Mais les enjeux du développement durable ne peuvent se résumer à des ajustements technologiques et se réduire à augmenter la part des éco-industries dans les échanges commerciaux Nord/Sud.

Les efforts des organismes de recherche ont donc été déployés sur trois plans :

- le renforcement des capacités d'expertise s'inscrivant dans des processus d'aide à la décision au service des politiques publiques et des entreprises ;
- les technologies visant la satisfaction de besoins élémentaires au service du développement local dans des contextes peu attractifs économiquement ;
- la maintenance d'équipes de recherche locales qui ne subsisteraient pas sans un concours externe, et/ou la mobilisation de diasporas d'émigrés scientifiques. Les Instituts français ont collectivement créé un outil de financement d'équipes de recherche du Sud de haut niveau par le biais d'appels d'offres (AIRE développement).



### Bilan des initiatives

#### ■ Domaines technologiques

Les technologies liées à la connaissance des milieux et à l'exploitation des ressources naturelles ont en premier bénéficié de cette évolution du transfert technologique vers les technologies écologiquement rationnelles. L'exploitation des ressources minières, la conservation des sols, l'agriculture, l'exploitation forestière, la gestion de l'eau continentale, la pêche et l'exploitation des ressources maritimes sont autant de domaines pour lesquels une véritable rationalisation écologique a été entreprise. Ces nouveaux modes d'exploitation ont impulsé un mouvement d'adaptation des itinéraires techniques à travers une meilleure prise en compte des ressources locales et de la sensibilité des milieux aux impacts. Cependant, plus que la technologie, c'est l'avancée des méthodes d'aménagement, de gestion concertée et, quand c'est possible, contractuelle, qui a le plus permis l'émergence de nouveaux modes d'exploitation.

Au niveau des communautés rurales et urbaines, l'accent est mis sur l'approvisionnement en eau et la fourniture d'énergie, éléments clés pour l'hygiène et la

santé publique, les conditions de travail, l'éducation. Ils impliquent une analyse territoriale des besoins pour desservir les entreprises, les équipements collectifs, les habitations. Le transfert porte particulièrement sur les dispositifs d'observation (qualité de l'air en zone urbanisée dense), les schémas d'aménagement urbains et la qualité de l'habitat, le traitement de l'eau et celui des déchets. La montée en puissance des collectivités territoriales françaises, notamment des collectivités locales, comme acteurs du développement décentralisé est particulièrement significatif.

Tout l'éventail des technologies pour l'environnement participe à ce mouvement. Les grandes installations d'infrastructure en production d'énergie, en approvisionnement en eau, en traitement de déchets, etc., s'inscrivent dans des programmes d'équipements publics des pays du Sud. Les accords correspondants comportent fréquemment des dispositions favorisant l'appropriation de ces technologies au sein des pays concernés.

Pour les zones rurales, la production d'électricité et/ou de chaleur à partir de sources renouvelables, la cuisson et la conservation des denrées alimentaires (froid, séchage), le pompage et plus généralement la production de force motrice, l'éclairage et les équipements de communication sont toujours au centre des préoccupations. Celle relative à l'accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère redonne un atout au bois de feu, dans la mesure où son utilisation réduit le recours aux énergies fossiles, sous réserve de gestion durable des espaces boisés.

## ■ Gestion des données et de l'information

Un changement significatif tient au rôle joué par les systèmes d'information : transfert et partage des dispositifs d'acquisition et d'analyse des informations d'intérêt écologique. L'appréciation du caractère écologiquement rationnel d'un procédé, et les mesures adaptatives à prendre lors de son transfert suppose d'avoir accès à un système d'informations technologiques qui précise non seulement les processus mis en œuvre mais aussi la sensibilité de ces processus à leur environnement d'exploitation. Ce deuxième type d'information se nourrit de modélisation comme de retours d'expériences. Ces réseaux d'information permettent d'apporter une assistance aux porteurs de projets tant par le partage et l'échange d'expériences que par l'accès à des outils actualisés : dimensionnement technique, calculs économiques...

Dans le domaine de la recherche océanographique, le développement des grands équipements est sous-tendu par celui d'outils et de méthodes permettant d'explorer, d'observer et de surveiller l'océan, et, par ailleurs, d'exploiter les ressources marines. Parmi les évolutions récentes, on peut citer les progrès de la modélisation et les moyens informatiques qui lui sont associés, la robotique appliquée à la surveillance de surface en continu et aux engins autonomes d'exploration et d'observation des fonds marins, et l'exploitation offshore par grands fonds. L'utilisation optimale de ces équipements nécessite une gestion qui devra s'opérer de plus en plus en partenariat entre leurs détenteurs (flotte océanographique), dans le cadre des politiques régionale, nationale et européenne.

Plus généralement, la participation des pays du Sud aux démarches exploratoires des pays industrialisés doit être encouragée, par exemple en favorisant leur participation à des réseaux technologiques spécialisés notamment au plan européen.

## ■ Capacités d'expertise et aide à la décision

Au sein des pays en développement, le renforcement des capacités d'expertise se traduit par le développement des centres ressources locaux qui concentrent des activités de formation professionnelle, d'analyses et d'essais, d'information des décideurs, de sensibilisation des populations aux conditions d'utilisation. Les organismes de recherche français se sont particulièrement mobilisés sur ce front. Par le biais de missions d'expertise, ils ont contribué à la construction des programmes et à l'analyse des moyens requis. La signature d'accords de coopération a facilité la mobilisation des ressources financières et inscrit les collaborations dans la durée au sein de programmes partagés.

Ce renforcement des capacités d'expertise couvre une démarche de « transfert méthodologique » qui est essentielle. Les technologies associées à l'observation, à la conception et gestion de systèmes d'information y tiennent une place essentielle (qualité de l'air, qualité des sols, caractérisation des ressources naturelles, modèles d'études des performances environnementales...). Ce n'est que par l'appropriation sociale qu'une invention devient une innovation. Cela débouche sur le développement de démarches de recherche concertées qui peuvent s'appuyer utilement sur des connaissances anthropologiques.

## ■ Transfert de technologies adaptées

L'offre technologique est abondante. Cependant, au-delà de la requalification des performances environnementales, l'adaptation aux contextes locaux passe par un partenariat avec les entreprises, notamment avec les entreprises de services et avec les usagers. Ce partenariat permet de prendre en compte les paramètres économiques et sociaux liés à l'exploitation au quotidien des systèmes proposés : financement, tarification, répartition du travail, qualité de vie...

Les collaborations se développent particulièrement dans le champ de l'énergie (production décentralisée d'énergie, gestion durable du bois de feu), des transports (réseaux de transports en commun, mobilité urbaine, logistique marchandises...) et du bâtiment (qualité environnementale et efficacité énergétique des bâtiments). Ces projets conduits en coopération décentralisée s'appuient sur le réseau des centres ressources et mobilisent les capacités d'expertise qui y sont regroupées. Ils s'inscrivent très généralement dans des programmes nationaux soutenus par des financements internationaux.

Le renforcement de ce type de projets passe par la mobilisation des entreprises françaises et particulièrement des PME. Il faut ouvrir les lieux actuels de rencontres entre organismes de recherche et entreprises dans une démarche d'adaptation de leur offre autour de projets conduits en coopération décentralisée. Toutefois, l'enjeu est de favoriser l'expression d'une offre technologique endogène. Le renforcement des capacités de veille technologique et le soutien local à l'innovation doivent bénéficier d'une assistance spécifique dans le cadre des actions soutenues par le ministère chargé de la Coopération.



## Perspectives

Le bilan montre qu'une réelle mobilisation s'est progressivement organisée conformément aux attentes de l'Agenda 21. Deux écueils peuvent cependant être mis en évidence. Le premier est celui du caractère segmenté des technologies écologiquement rationnelles déployées. Ce type de déploiement ne favorise pas les projets plus intégrés notamment au plan territorial. Le second est que la mobilisation de ces technologies du Nord reste dans un schéma de "développement mimétique". Or, l'analyse prospective des enjeux environnementaux mondiaux et des changements qui se préparent dans les pays industrialisés montre que de fortes mutations sont requises pour entrer résolument dans une perspective de développement durable.

Ainsi, l'objectif qui vise à mettre les pays en développement en capacité de définir par eux-mêmes leurs itinéraires de développement durable reste d'actualité. Si d'ores et déjà les initiatives des organismes de recherche s'inscrivent dans cet objectif, elles seraient renforcées et consolidées au plan international par la mise en œuvre de trois types de propositions.

### ■ Développer et mieux gérer les grands équipements

Les infrastructures de recherche offrent des services rares, coûteux et de haute technicité à de larges communautés d'utilisateurs (utilisateurs directs, scientifiques et industriels, ou indirects, décideurs et public). Elles sont considérées comme un élément essentiel dans la construction de l'Espace européen de la recherche et un moteur du développement technologique. Parmi les évolutions récentes marquantes, on peut citer les progrès de la modélisation et des moyens informatiques, qui permettent d'intensifier et de multiplier les connaissances tout en réduisant l'impact environnemental lié à la démarche expérimentale.

Du fait de leur vocation à l'ouverture vers de vastes communautés d'utilisateurs, les infrastructures de recherche ont une dimension internationale, et sont également un élément de base de toute politique de coopération dans le domaine de la recherche. Dans ces conditions, l'accès aux grands équipements doit s'ouvrir aux équipes de recherche des pays en développement dans le cadre de programmes. Il s'agit de promouvoir aux niveaux européen et international la mise en réseau des grands équipements et des institutions qui les développent et les gèrent, mais aussi des partenariats entre secteurs public et privé (industries de la pêche, industrie pétrolière offshore), aux niveaux national et européen, susceptibles de faciliter la mise à disposition et les transferts de ces développements technologiques vers les pays en développement. Le développement des programmes multidisciplinaires et multipartenaires dans les zones économiques exclusives françaises, susceptibles de servir de référence pour leur diffusion régionale est aussi nécessaire.

### ■ Améliorer les réseaux d'information technologiques

Les réseaux d'information se sont constitués sous la pression de l'offre. De ce fait, le système est thématique et ne répond pas toujours à la demande. Il est actuellement plus porté par la coopération scientifique que dédié au développement

technologique. La prise en compte de la demande des pays en développement pour des techniques écologiquement rationnelles suppose de construire des systèmes plus équilibrés intégrant l'analyse des besoins et l'offre spécifique de ces pays. Ces réseaux devraient s'insérer dans des systèmes d'information dédiés au développement durable, être adossés aux réseaux technologiques européens et bénéficier d'un mécanisme de financement spécifique.

### ■ Susciter les initiatives et accroître l'intensité des actions

Rendre attractives et fiables les perspectives de diffusion des technologies écologiquement rationnelles implique de conjuguer d'une part des décisions internes aux pays bénéficiaires (incitations, réglementations...) et d'autre part des mécanismes internationaux de soutien au développement qui favorisent les choix technologiques écologiquement rationnels. Il s'agit de donner plus de visibilité aux stratégies pour le développement durable des pays du Sud. D'une part, l'avenir de certaines éco-technologies clés est étroitement lié à l'émergence de marchés dans ces pays. D'autre part, certains travaux de recherche sur des technologies génériques doivent pouvoir être valorisés. L'ouverture de lieux de rencontre recherche, entreprises et organismes publics autour des enjeux des pays en développement doit être favorisée. Le lancement d'appels à projets doit être soutenu afin de concrétiser les enjeux autour de questions de recherche et d'objets technologiques spécifiques.

Des décisions politiques, particulièrement au plan européen, sont requises pour impulser un changement de niveau d'intensité. Elles doivent porter à la fois sur l'ampleur des moyens affectés et sur l'organisation générale du dispositif. Les ambitions de l'Union européenne pour le développement durable impliquent d'intégrer pleinement les relations Nord/Sud dans la construction de l'Espace européen de la recherche.



## Science et renforcement des capacités

La place marginale des pays du Sud dans la production mondiale de connaissances scientifiques et technologiques interpelle la communauté internationale. En effet, un grand nombre de pays, rassemblant une majorité des habitants de la planète, ne sont pas encore en mesure de produire leurs propres connaissances ni de tirer parti des connaissances produites ailleurs. Cela constitue pour ces pays un handicap majeur qu'il faut entreprendre de réduire en contribuant à la création des conditions d'un développement durable des capacités de recherche et de formation à la recherche.

L'existence de communautés scientifiques stables et de qualité est un gage de développement. En effet, ce ne sont pas tant les programmes scientifiques et les connaissances qu'ils génèrent qui participent directement au développement économique et social des sociétés que l'existence de ces communautés scientifiques qui contribuent à la formation des acteurs du développement, participent au transfert des savoirs scientifiques, et mettent à la disposition des décideurs les informations scientifiques et technologiques dont ils ont besoin pour fonder certaines de leurs décisions. Parallèlement, certains questionnements scientifiques

ont une dimension planétaire et leur résolution relève d'un intérêt partagé entre le Nord et le Sud. Les équipes des pays du Sud doivent donc pouvoir s'insérer dans la compétition scientifique internationale et être en mesure d'apporter une contribution significative au progrès des connaissances dans des domaines d'intérêt mondial. La reconnaissance par la communauté internationale grâce à leur participation active au progrès des connaissances permet aux pays du Sud d'acquérir une légitimité et de faire entendre leur voix dans les grands débats internationaux sur l'avenir de la planète et des sociétés.

## Les principes fondateurs d'une politique de soutien et de formation des communautés scientifiques du Sud

Le souci de former des compétences scientifiques dans les pays du Sud n'est pas nouveau, mais l'examen des actions réalisées depuis dix ans fait apparaître un développement et une structuration de la politique autour de principes de base tirés de l'expérience des réussites et des échecs antérieurs ;

- passer d'une logique de soutien individuel à une logique de soutien à des équipes ;
- passer d'une logique de transferts de savoirs à une logique de transfert de compétences ;
- agir dans la durée ;
- ouvrir cette politique de soutien à un large réseau d'acteurs scientifiques et de coopération scientifique du Nord.

## Mise en œuvre opérationnelle de la politique

Le renforcement des capacités scientifiques au Sud par les organismes de recherche français passe par des soutiens individuels mais aussi et surtout par des soutiens de collectifs de recherche et d'institutions.

### Soutiens individuels

Les soutiens individuels passent par des modalités diverses : formation initiale de jeunes chercheurs doctorants des pays du Sud par l'attribution d'allocations de recherche ; formation continue pour renforcer les capacités techniques et de recherche des équipes, accompagner des reconversions professionnelles, assurer des formations qualifiantes ou diplômantes ; bourses d'échanges scientifiques offrant une mobilité aux chercheurs du Sud et leur permettant d'être accueillis temporairement dans des structures de recherche du Nord ou d'autres pays du Sud ; bourses post-doctorales permettant de mobiliser et de valoriser des compétences nouvelles au profit d'équipes du Sud.


### Soutiens aux équipes

Les équipes dans les pays du Sud doivent être soutenues sans fléchage thématique et dans la durée particulièrement dans des contextes fragiles ou fragilisés.

La formation à la recherche par la recherche doit être renforcée par le biais de programmes élaborés et conduits en commun entre des équipes du Sud et du Nord. Une dynamique d'échange et de travail en commun entre les communautés scientifiques africaines et françaises doit être relancée, notamment par l'aide à l'émergence d'équipes de recherche africaines, la production de connaissances pour l'action, sur l'évolution actuelle de la vie politique, de l'économie, de la société et de la ville en Afrique.

### ■ Soutiens institutionnels

Une démarche d'institutionnalisation d'actions spécifiques proposées par les chercheurs du Sud ou du Nord pour organiser ou renforcer des potentialités locales en matière de recherche et de formation a été mise au point depuis 1999. Ces soutiens institutionnels concernent une grande variété de projets, différents dans leurs objectifs, leur forme, leur contenu (collectifs de recherche en émergence, filières de formation, écoles d'été ou de terrain, sociétés savantes, associations et réseaux). Ainsi un groupement d'intérêt scientifique s'appuie sur les moyens modernes de télécommunications par satellites et apporte une aide au développement des compétences et des infrastructures de soins dans les pays en développement. Le système ouvre également des possibilités de formation et de perfectionnement à distance.



## Evolution à moyen terme de la politique en matière de soutien aux communautés scientifiques du Sud

Face à une efficacité insuffisante des investissements consentis dans la coopération scientifique et universitaire avec le Sud, il convient de conduire une réflexion commune à tous les acteurs et de recentrer les interventions sur un objectif central : fixer des compétences scientifiques et des capacités d'expertise pour le développement. Cela suppose de mieux organiser la communauté scientifique française et ses tutelles autour d'un dispositif stratégique d'échange d'informations, d'évaluation et de coordination des investissements et des initiatives. Ce dispositif devra s'ouvrir à d'autres acteurs de la coopération scientifique à l'étranger et à une politique européenne ambitieuse de recherche pour le développement.

Il faut un effort collectif de restauration des systèmes de recherche et universitaires au Sud. Il relève d'une forte mobilisation internationale sur des actions structurantes de renforcement des capacités d'enseignement universitaire - c'est un point essentiel pour que les pays du Sud disposent de chercheurs formés selon des critères académiques reconnus - et de soutien des capacités de recherche suivant des modalités qu'il convient de repenser.

Quatre niveaux stratégiques sont à prendre en considération :

- Repérer des compétences et les soutenir en développant des synergies entre les moyens et les acteurs.
- Prendre en compte l'environnement de la recherche. Ce point n'a pas été suffisamment pris en considération. La recherche a besoin de moyens incompressibles

qui font souvent défaut à des équipes de nombreux pays du Sud et singulièrement d'Afrique sub-saharienne. Il faut adopter une approche globale prenant en compte l'ensemble des besoins d'une équipe ou d'un regroupement d'équipes sur des pôles de compétence. Pour fixer des communautés scientifiques et développer une recherche performante, il faut des lieux dotés des moyens technologiques de pointe identiques à ceux des laboratoires du Nord, de ressources documentaires, de capacités d'encadrement où les chercheurs les plus exigeants trouveraient les moyens de développer leurs activités.

■ Un certain nombre de plates-formes scientifiques seraient à concevoir en particulier sur le continent africain. Ces plates-formes, lieux de recherche d'excellence, de formation, de valorisation, devraient bénéficier d'une ouverture internationale et favoriser les échanges internationaux.

■ Mise en place d'une politique de recueil de données environnementales, à long terme, à l'échelle du globe, définie et coordonnée par les organismes publics de recherche français, mise en œuvre dans chaque pays par les organismes partenaires et avec un mode de financement original assurant la pérennité du fonctionnement. On substituerait ainsi une politique de données à une politique de projets en versant les dotations lors de la fourniture des données et après leur contrôle. On pourrait ainsi concevoir une enquête mondiale "bilan énergétique" (pas seulement l'énergie primaire mais aussi toutes les autres formes de consommation d'énergie, comme l'alimentation, définie par le niveau dans une chaîne trophique), auprès des ménages et des entreprises, administrée tous les 5 ans. On peut, de la même façon, envisager différentes enquêtes sur les relations des individus et des communautés à leur environnement, ou plus classiquement des recensements faunistiques ou floristiques, des évaluations de stock.

## Science, éducation et formation

La mission des organismes publics de recherche n'est pas seulement de faire progresser la connaissance. On attend d'eux aussi qu'ils concourent à la mise en œuvre du développement durable par l'information et la formation, et la participation au débat public. C'est dans ce sens également que leur action continue à se déployer.

### La formation et l'information

#### ■ Articulation avec le système éducatif et actions en direction des jeunes

Le système éducatif est le lieu privilégié de formation et de sensibilisation des générations montantes aux questions de développement durable. Une articulation plus directe entre le monde de la recherche et le monde de l'éducation primaire et secondaire permettrait de progresser dans ce sens. Il s'agit d'améliorer la diffusion des connaissances scientifiques, y compris celles provenant des sciences humaines et sociales.



### ■ Actions en direction de tous les publics, liens avec les médias

On doit constater - comme le fait la Commission européenne - une relative incapacité, notamment des pays du Nord, à modifier leurs modes de consommation et de production non durables. Ces pratiques, à la fois innovantes et prédatrices, sont constitutives de leur modèle de développement, lequel tend d'ailleurs à se diffuser dans le monde entier. Un ajustement du comportement des générations adultes peut néanmoins être attendu d'actions d'information et de sensibilisation, avec le soutien des médias et dans le cadre d'une politique globale et cohérente. Cela peut se faire à travers un effort soutenu d'information des particuliers et des acteurs économiques diffus, notamment via la mise en place d'un réseau d'information de proximité sur l'efficacité énergétique, et le lancement de campagnes d'information sur la maîtrise de l'énergie et le tri des déchets. Des actions peuvent également être engagées pour la préservation des milieux naturels, des écosystèmes et des zones fragiles.

### ■ Actions en direction des milieux professionnels

Participer à l'inflexion des modes de production constitue aussi un objectif pour les organismes de recherche, à travers des actions d'information, de formation et de conseil auprès des collectivités locales, des milieux professionnels et des entreprises. Cela peut prendre la forme d'actions de promotion des techniques et des savoir-faire dans une perspective de développement durable auprès des entreprises (maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables, air, déchets, sols, bruits), ou d'informations spécialisées auprès des professionnels de la mer, des agriculteurs et des éleveurs, des transporteurs, etc.

### ■ Mise à disposition permanente de l'information scientifique

De manière plus générale les organismes de recherche se doivent de recueillir, diffuser et valoriser l'information scientifique de manière permanente. Cela passe par un accès ouvert aux infrastructures de recherche, une politique éditoriale déterminée, un partenariat avec les médias spécialisés, et le recours systématique aux nouvelles technologies de l'information, dont le développement des serveurs et des sites Internet. Cela passe aussi par des projets originaux comme la mise en place de projets pilotes de télé-enseignement pour l'accès à l'expertise et à l'information, ou en constituant des laboratoires spécialisés en lieux d'expertise où industriels, décideurs politiques, acteurs sociaux pourront interroger les scientifiques sur les problèmes d'environnement.

### ■ Formations courtes et formation continue

Certains organismes de recherche pour le développement agricole ont développé une politique très active de formations courtes (une à quatre semaines), destinées soit à des mises à niveau de chercheurs ou de cadres, soit à de la formation continue, soit à du transfert de connaissances récentes. Ces formations courtes génèrent des réseaux de collègues débouchant sur des activités de recherche en commun. Elles constituent également un pas important vers la pleine participation des organismes français de recherche dans un domaine où elle est encore trop peu présente.



## Participation au débat public

Il est important d'améliorer la coopération et la communication entre la communauté scientifique et technique, les décideurs et le public. L'interrogation sur les obstacles macro-économiques, techniques et comportementaux du développement durable, la réflexion sur les perspectives à moyen et long termes et les questions qu'elles peuvent susciter ne peuvent relever du seul monde de la recherche. C'est l'ensemble de la société qui doit être partie prenante de la discussion sur les enjeux de l'avenir, et il appartient aux chercheurs de dispenser largement l'information dont ils sont détenteurs et de livrer au débat public les questionnements qu'ils portent.

## Science, expertise et société

La recherche est confrontée à deux enjeux :

- la nécessité de l'excellence scientifique (et donc d'une large liberté d'initiative thématique et méthodologique des chercheurs et formations de recherche couplée à une évaluation *a posteriori* rigoureuse),
- le choix de grands domaines scientifiques qui peuvent présenter une importance stratégique particulière des points de vue scientifiques, économiques, sociaux.

## Principales évolutions récentes

La mise en place des agences (médicaments, sécurité sanitaire, sécurité environnementale), les travaux du "Comité de la prévention et de la précaution" sur des sujets aussi variés que la pollution de l'air urbain, la qualité de l'eau, le radon, les sols pollués, les pesticides, etc., sont les signes du renforcement des lieux d'expertise et de la multiplication des lieux de rencontre entre la recherche et l'action politique. On observe également une multiplication des initiatives des organismes de recherche en faveur du développement de leurs activités d'expertise.

### ■ Des expertises scientifiques pour répondre aux préoccupations de la société

Des procédures comme celles des expertises collectives pluridisciplinaires ont permis de répondre à la très forte demande de synthèses de connaissances scientifiques complexes relatives aux enjeux environnementaux, médicaux, économiques, et sociaux majeurs. Ces expertises jouent ainsi un rôle important dans la prise en charge effective par les organismes publics de leurs responsabilités dans ces domaines, mais aussi dans la prise de conscience des chercheurs de la place de leurs travaux face à ces mêmes enjeux, et, de ce fait, dans la réflexion sur les domaines de recherche à développer. Les synthèses scientifiques ne pouvant être assurées de façon satisfaisante par la multiplication des expertises individuelles ponctuelles, des procédures collectives sont nécessaires.

Parallèlement au développement des expertises, à la diversification des procédures mises en œuvre, une réflexion s'est engagée sur les modalités d'exercice des expertises, sur les relations experts/décideurs, experts/publics, sur la diffusion des résultats, sur l'intégration de "non-scientifiques" dans les processus, etc.

Il est important de renforcer les moyens mobilisés pour répondre à la demande de synthèse scientifique et de favoriser la reconnaissance des activités d'expertise dans le métier de chercheur. Il s'agit tout à la fois de moyens humains et matériels dont peuvent disposer les services chargés de l'expertise scientifique. Il s'agit tout autant de la qualité générale des procédures de mise en œuvre des expertises en termes de ciblage précis du champ à couvrir, du nombre et des compétences spécifiques des experts mobilisés, du nombre de réunions plénières de travail et des modalités de rédaction, de discussion, d'amendement, de synthèse et de diffusion des expertises. Il s'agit enfin, des procédures et des protocoles d'expertise à mettre en place au vu des nouvelles exigences des sociétés démocratiques contemporaines.

*Les expertises scientifiques collectives réalisées et publiées ont impliqué des domaines variés de la thématique "environnement et santé" depuis 1994 :*

- *Connaissance et évaluation des risques en santé*
  - *Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante*
  - *Ecstasy : des données biologiques et cliniques aux contextes d'usage*
  - *Ethers de glycols : quels risques pour la santé ?*
  - *Plomb dans l'environnement : quels risques pour la santé ?*
  - *Dioxine dans l'environnement : quels risques pour la santé ?*
  - *Le mercure dans le bassin amazonien*
  - *Paludisme et environnement au Cameroun*
- *Prévention et prise en charge de problèmes de santé publique*
  - *La grippe : stratégies de vaccination*
  - *Rachialgies en milieu professionnel : quelles voies de prévention ?*
  - *SIDA, maladies associées*
  - *Hépatites virales : dépistage, prévention, traitement*
  - *Carences nutritionnelles : étiologies et dépistage*

*De nombreuses autres expertises collégiales dans les pays du Sud sont en cours de réalisation dans de nombreux domaines issus de la problématique du développement durable.*

## ■ Risques pour la santé liés à l'environnement : mesure et perception

La demande de connaissances relatives aux relations entre l'environnement et la santé s'est fortement accrue au cours des dernières années. Dans le même temps les enjeux de santé, économiques et sociaux relatifs aux risques pour la santé liés à l'environnement ont pris une importance particulière.

Les recherches conduites en France portent sur une large diversité de troubles de santé (cancers, pathologies respiratoires, immuno-allergiques, infectieuses,

ostéo-articulaires, neurologiques, rénales, perturbations de la reproduction - fertilité masculine, avortements spontanés, malformations congénitales, anomalies du développement de l'enfant...) et abordent un large éventail de facteurs de risque potentiels de l'environnement (métaux - plomb, cadmium, mercure, aluminium...), contaminants chimiques aériens, solvants organiques, pesticides, poussières minérales et organiques, micro-organismes, radiations ionisantes, champs électrique et magnétique, rayonnement UV, etc.).

Mieux appréhender la saillance sociale d'un risque apparaît aussi comme l'un des enjeux majeur de la gestion des risques sanitaires. Certaines équipes, souvent pluridisciplinaires (et pluri-organismes) se sont intéressées aux dimensions susceptibles d'influer sur la perception de ces risques (tant par les professionnels que par les populations), telles le niveau des connaissances relatives aux différents dangers, la confiance accordée aux instances impliquées dans la gestion du risque et l'ampleur (quantitative mais aussi subjective) supposée. Elles se sont aussi intéressées aux dimensions capables de rendre compte de la saillance sociale de ces risques, de l'historicité de leur mise sur l'agenda public, de la manière dont ils sont perçus, et qui sont susceptibles de varier selon leur prégnance.

Ces dernières dimensions, qui concernent l'ensemble des acteurs, sont, par exemple, les changements dans les comportements, l'attachement à la source du risque, les préoccupations vis-à-vis du risque, les précautions individuelles prises pour se protéger, mais aussi les attitudes et les croyances relatives à son origine, à ses causes et à ses sources supputées, aux responsabilités individuelles et/ou collectives impliquées.

## Perspectives : trois approches à renforcer et à structurer

Trois grands axes semblent importants à renforcer, tant sur le plan de la recherche dans la thématique "environnement, développement et santé" que dans les travaux d'expertise collective.

### ■ Variations climatiques et impact sur la santé

Quel est le rôle des variations climatiques observées et/ou attendues sur la santé ? Doit-on redouter une extension des maladies à vecteurs (par exemple, paludisme, fièvre jaune, dengue) en raison du réchauffement de la planète ? Au contraire, les facteurs liés au développement n'ont-ils pas un rôle prépondérant, comme l'atteste le recul de ces maladies à vecteurs des contrées septentrionales du globe au cours des siècles passés ?

### ■ Pollution et impact sur la santé

Quelle est la part attribuable à la pollution dans les phénomènes de santé comme l'asthme, les autres maladies respiratoires, la survenue de cancers, les toxi-infections alimentaires ? Quel est le rôle respectif dans la survenue de ces événements des pathologies infectieuses, notamment virales, des facteurs climatiques et/ou météorologiques ?

## ■ Sécurité sanitaire environnementale

Le développement durable nécessite un haut niveau de maîtrise de la sécurité sanitaire, en tout premier lieu, dans le domaine de l'environnement. L'étude des risques alimentaires, des risques liés à l'eau, des risques (et des bénéfices) liés à l'utilisation des OGM sont des recherches qui contribueront à mieux éclairer les citoyens et les décideurs dans ces domaines. L'évaluation médico-économique des risques, avec une approche orientée sur la perception des risques complète les travaux épidémiologiques ou fondamentaux menés parallèlement. En effet, de nombreux choix politiques sont guidés par une perception aiguë de risques sanitaires, parfois hautement médiatisés. Or cette dimension reste le plus souvent peu ou mal mesurée, et les mesures à prendre pour la maîtriser peu connues et le plus souvent non évaluées.

La recherche ne se limite cependant pas à des approches en termes d'impacts et s'oriente également vers la compréhension des dynamiques d'interaction, entre climat et santé, entre environnement et santé, entre biodiversité, santé et environnement. La sécurité sanitaire est l'une des composantes indissociables du développement durable. La recherche dans ce domaine ne peut pas seulement concerner les mesures quantitatives du risque, mais doit aussi s'intéresser à la composante humaine et sociale du risque perçu (tant par les citoyens que par les opérateurs ou gestionnaires). L'expérience récente montre en effet que les aspects sociologiques et psychométriques du risque sont probablement au moins aussi importants dans la prise de décision en matière de gestion des risques sanitaires. Dans de nombreux domaines, comme ceux relatifs à la santé, ces aspects restent encore largement à explorer et à développer, souvent en partenariat avec plusieurs disciplines issues de différents organismes publics de recherche.



## Information pour l'action publique

Bien que les sciences et l'avis des scientifiques constituent des apports importants aux décisions, la confiance du public à leur égard a été passablement ébranlée, souvent par manque d'information et de communication appropriées.

L'état objectif de l'environnement et du développement (incluant la connaissance historique des évolutions) et les conséquences futures des politiques conduites doivent pouvoir être évalués. Pour pouvoir disposer de ces informations, plusieurs étapes doivent être franchies : acquisition, validation et modélisation des données de base, traitement de ces données, développement de modèles et d'outils d'aide à la décision, mise à disposition des utilisateurs.

La situation des pays développés et des pays du Sud vis-à-vis de l'information n'est pas la même. La question pertinente pour le Nord est de mettre au point des indicateurs qui permettront d'aider à la mise en œuvre du développement durable. Pour les pays du Sud il s'agit tout d'abord de développer leurs infrastructures et de renforcer leurs compétences. C'est pourquoi la conférence de Rio avait mis au premier rang de ses préoccupations les efforts de renforcement de capacité.



## Les données de base

Les données nécessaires pour une bonne politique de l'environnement portent sur trois compartiments : état des milieux (physique, chimique, biologique), mesure des pressions exercées par les activités humaines par grands secteurs, connaissance des réponses de politiques publiques et évaluation de l'efficacité de ces réponses.

### ■ Les données sur l'état de l'environnement

Les données sur l'état de l'environnement concernent l'échelle globale et locale. Concernant l'échelle globale, un effort particulier avait été entrepris, au niveau international, au cours des années de l'après-guerre, pour mettre en place des réseaux adaptés de mesures de l'état physique de l'environnement : réseaux météorologiques, réseaux hydrologiques. La France y avait largement contribué. Malheureusement, depuis une dizaine d'années, ces réseaux sont à l'abandon en particulier dans les pays du Sud. Il conviendrait rapidement de prendre les dispositions pour arrêter cette évolution préoccupante.

Le développement de l'observation depuis l'espace permet, pour certains paramètres caractéristiques de l'état de l'environnement, d'obtenir des mesures globales et aisément inter-comparables. Ces mesures ont révolutionné notre vision du monde, que ce soit pour l'atmosphère, l'océan ou les surfaces continentales. Combinées à l'observation du terrain, elles sont devenues aujourd'hui indispensables à notre compréhension de l'évolution de la planète.

La France, et les pays européens réunis au sein de l'Agence Spatiale Européenne, ont joué dans ce domaine un rôle important, en particulier grâce à la création de centres de données mondiales, largement ouverts vers les utilisateurs. En outre, les bases de données nationales viennent de plus en plus en appui aux instances et aux grands programmes internationaux par la mise en ligne de l'information. Malheureusement, ces progrès n'ont pas suffi à compenser la dégradation des réseaux au sol.

Les données spatiales ne suffisent pas, notamment pour ce qui concerne les données locales, celles qui portent sur les émissions, les pollutions, le sous-sol (nappes phréatiques, ressources minérales) et plus généralement l'état chimique et biologique de l'environnement. Dans ces domaines, s'il existe des technologies d'acquisition et de modélisation qui sont bien maîtrisées au service des politiques publiques dans les pays développés dont la France (dans le domaine de la qualité de l'air urbain), les choses sont plus difficiles dans des situations de sources et de systèmes hétérogènes. Un début de normalisation existe aujourd'hui à l'échelon européen, dans le sillage de l'adoption de directives successives touchant à l'environnement. Parmi celles-ci, la directive cadre sur l'eau, qui a récemment été adoptée, impose un retour au "bon état écologique" d'ici une quinzaine d'années. A l'appui de cette ambition, un effort particulier est engagé pour le développement de mesures normalisées et inter-comparables. Une telle approche reste à entreprendre pour les pays du Sud.

Dans le domaine de la biodiversité et en application de la Convention sur la biodiversité, la recherche vise ainsi à construire des indicateurs de suivi et de



dynamique de la biodiversité, en concertation avec les pouvoirs publics et la société civile. Elle s'oriente vers des indicateurs simples, comparables à des indices, qui soient scientifiquement et socialement acceptables plus que simplement pertinents.

### ■ Les données économiques et sociales

Tous les quatre ans, un rapport sur l'état de l'environnement de la France est publié. Il comporte l'ensemble des données et leur évolution concernant les milieux, les pressions (par secteurs d'activité économique) et les réponses (politiques européennes et françaises, rôle des régions et des collectivités, des entreprises et des ONG...). Des indicateurs de développement durable sont également en cours de mise au point. Par ailleurs, les organisations scientifiques sont souvent mobilisées par des collectivités territoriales (régions et agglomérations notamment), qui se sont engagées dans des démarches d'Agenda 21.

Des données économiques de bonne qualité sont produites par le dispositif statistique public en France et en Europe. Un ouvrage "données économiques de l'environnement" est ainsi publié chaque année. Il contient notamment les informations sur les dépenses publiques pour l'environnement (Etat et collectivités territoriales), ainsi que la mesure des efforts des entreprises (dépenses de prévention et de protection, chiffre d'affaires des industries de l'environnement...). L'évolution des grandes mesures économiques et fiscales (applications du principe pollueur-payeur) et de leurs effets est aussi précisée.

Les données sociales - notamment sanitaires - sont également produites de manière régulière par le dispositif statistique public en France et en Europe. Mais leur pertinence au regard de la mise en œuvre des politiques de développement durable mérite d'être améliorée. Depuis quelques années sont rassemblées les données sur la perception et les pratiques sociales concernant l'environnement.

Dans les pays en développement, en particulier en Afrique, les données économiques et sociales constituent un problème important. Cette insuffisante maîtrise de l'information est d'autant plus préoccupante qu'elle ne semble pas avoir d'effet sur la capacité que les institutions et analystes concernés ont à évaluer les performances, diagnostiquer les problèmes et surtout proposer des recommandations.

### ■ Politique des données

Il est aujourd'hui admis que les données doivent connaître une large diffusion à tous les acteurs (Etats et collectivités territoriales, entreprises, ONG, médias, populations...). Ce droit est reconnu au niveau des grandes conventions environnementales de l'ONU et font partie des directives européennes. Des progrès considérables ont été faits dans ce domaine depuis la conférence de Rio. Les communautés scientifiques, en particulier en France, ont joué un rôle clé dans cette évolution, allant jusqu'au développement des systèmes d'information sur le réseau.

L'ensemble des données de l'environnement est de nature géo-référencée, c'est-à-dire localisée dans l'espace et dans le temps. Il importe donc de pouvoir



disposer au préalable des informations géographiques de référence, à différentes échelles pour pouvoir caler l'ensemble des données thématiques. Ces couches de base (framework data) sont souvent difficilement accessibles dans de nombreux pays, et les initiatives internationales de Global Map et GSDI (*Global Spatial Data Infrastructure*) visent à assurer la disponibilité de ces données de référence.

Les moyens de diffusion accélérés de l'information imposent de fiabiliser les modalités de traitement et de modélisation et au diffuseur de veiller à la qualité des informations qu'il met en ligne par le biais de contrôles rigoureux. C'est une des raisons qui motivent la décentralisation de la gestion des données (principe de subsidiarité). Il importe que le contenu des données, leurs limites de validité et les conditions de leur recueil et de leur traitement soient aussi documentés que possible. Cet objectif peut être atteint par la généralisation des métadonnées (données sur les données) sur la base de standards internationaux. Cette démarche pourrait être développée dans les pays du Sud parallèlement à ce qui se fait au Nord.

Dans le domaine du développement durable plus encore que dans d'autres domaines, l'information existante est dispersée auprès de nombreux acteurs publics ou privés, du Nord ou du Sud, à des niveaux locaux, nationaux ou internationaux. L'accessibilité réelle à ces sources d'informations suppose de mettre en place des protocoles d'échanges, basés sur des standards reconnus (ISO, OGC) pour rechercher, identifier, échanger le contenu des informations. Ces démarches sont fortement encouragées aussi bien par les Nations unies que par l'Union européenne. L'adoption de standards, la mise en place de technologies décentralisées, l'accès à des technologies bon marché permettront de développer des réseaux efficaces dans les pays du Sud, en les rendant aptes à échanger des données avec les acteurs du Nord.

## La construction de la diffusion de l'information pour le développement durable

Avec les progrès réalisés dans les modèles de prévision - qui permettent de coupler données environnementales, économiques et sociales -, dans les outils de communication, et dans la compréhension des processus physiques, chimiques, biologiques et humains, il n'est plus possible de se contenter de diffuser des données à l'état brut. Pour qu'elles soient utilisables pour les politiques publiques, les données transitent par des modèles simulants le fonctionnement des systèmes et des projets. Cette démarche permet de mettre à la disposition des simulations. Elle autorise également, et c'est l'un des progrès essentiels accomplis ces dernières années, d'accéder à des scénarios des évolutions futures qui permettent de tester les politiques environnementales et de mieux mettre en œuvre les politiques de prévention et de précaution. C'est le cas par exemple de l'évolution du climat et des travaux faits au sein du GIEC (IPCC en anglais), ou encore des travaux réalisés en France ces dernières années sur la prévision de la qualité de l'air urbain ou la modélisation de l'évolution de la qualité de l'eau souterraine. Les exercices de prospective devraient pouvoir s'appuyer sur des prévisions de plus en plus fiables. C'est, également, une telle démarche qui devrait permettre, dans le cadre

de la directive sur l'eau précitée, de faire les choix de politiques de gestion conduisant à l'amélioration souhaitée des milieux.

Un effort important a été fait depuis Rio pour définir et construire des outils d'aide à la mise en œuvre du développement durable. Celui-ci reposant sur une mobilisation de toutes les parties (secteur public, entreprises, ONG et citoyens), le développement par la recherche d'outils de visualisation, d'aide à la négociation et au débat social constitue un enjeu essentiel auquel peuvent aider à répondre les nouvelles technologies d'information et de communication. Les formes mêmes du débat démocratique doivent s'adapter au concept du développement durable, et sa mise en œuvre est aussi un objet de recherche. Ainsi, des forums "hybrides" (incluant politiques, scientifiques, entreprises et ONG) et des "conférences de citoyens" ont été organisés, notamment en ce qui concerne les OGM ou le changement climatique.

On manque encore d'indicateurs de développement durable susceptibles de se substituer définitivement aux indicateurs économiques traditionnels (comme le PIB).

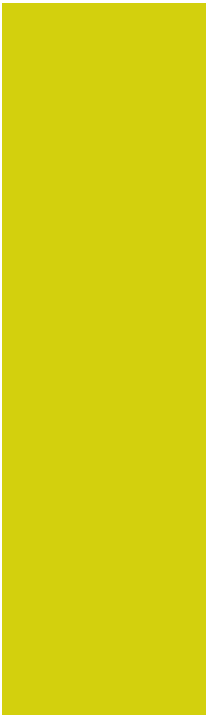
Cependant, pour tirer le meilleur profit de ces nouveaux outils, les pays du Sud doivent être en mesure d'en discuter les fondements et de les choisir. Dans la mesure où il s'agit d'outils de négociation sociale, il ne s'agit pas d'adopter l'approche des pays du Nord mais de construire des outils adaptés à partir des réalités et des valeurs des sociétés concernées. Il est également nécessaire d'assurer une diffusion de l'information vers les pays du Sud, et pour ce faire de construire des systèmes d'acquisition adéquats. C'est tout l'enjeu des politiques publiques d'aide au développement qui devraient inclure un important volet de consolidation des capacités dans les domaines de la surveillance, de l'information et de la modélisation prédictive en appui aux politiques publiques.

Aussi bien dans les pays développés que dans les pays du Sud, un des principaux enjeux en matière d'information des populations, est de passer progressivement d'une approche "pédagogique" à une approche "participative" voire, dans certains cas, à de nouvelles modalités de co-production de données et connaissances.

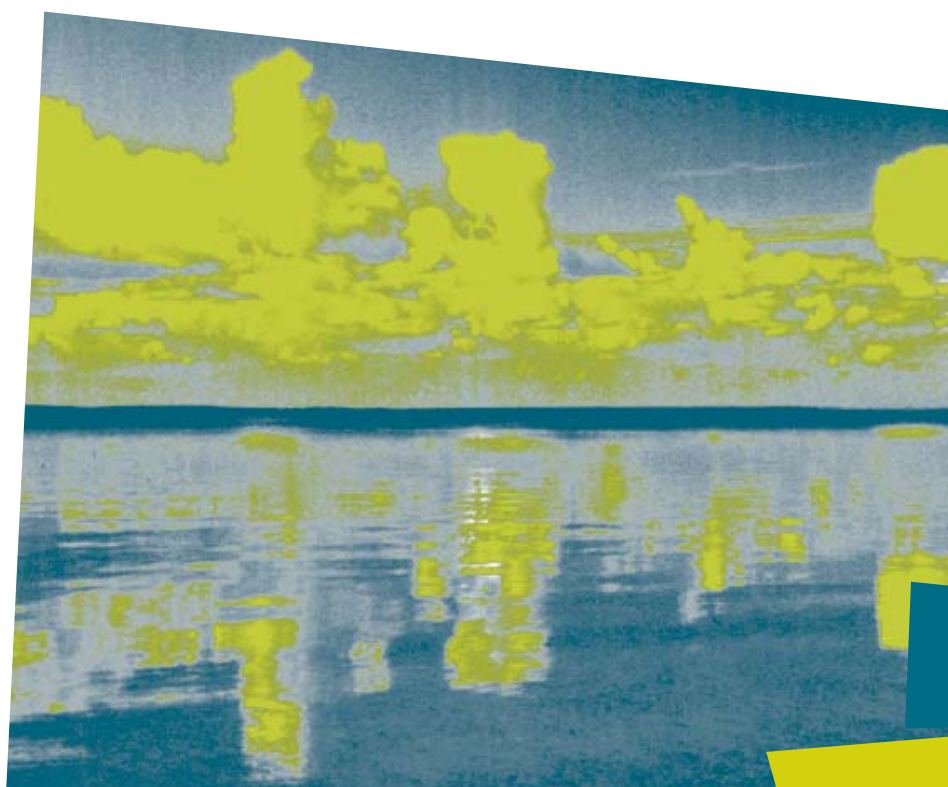
La priorité est en effet non seulement la production et la diffusion de connaissances pertinentes, mais la mise en place des conditions d'une appropriation de connaissances. Il est d'ailleurs probable que cette priorité, qui accompagne toutes les réflexions actuelles sur la gouvernance, modifiera à terme assez radicalement les conceptions prévalant actuellement en matière "d'information pour l'action publique".



# Conclusion et propositions



Depuis Rio 92, les orientations de la politique scientifique nationale, le dispositif de recherche en tant que tel et les organismes publics eux-mêmes ont enregistré des évolutions importantes. Ces évolutions ont permis et accompagné le progrès des connaissances, contribuant ainsi à renforcer les bases scientifiques au service d'un développement durable. Le bilan synthétique des réalisations les plus marquantes depuis le Sommet de la Terre, présenté ici, et les perspectives dessinées, illustrent les atouts de la communauté scientifique française. Ils permettent aussi de proposer des programmes prioritaires et des modalités d'organisation de la recherche. Les priorités mises en avant s'appuient sur les dynamiques à l'œuvre, s'articulent avec la stratégie européenne de développement durable et s'efforcent de prendre en compte les besoins des pays du Sud.





## Thématiques prioritaires



### Lutte contre la pauvreté et promotion de modes de subsistance viables

#### ■ Lutte contre la pauvreté et réduction des inégalités

Les situations multiformes de pauvreté appellent plusieurs directions de recherche : pauvreté et marché du travail urbain ; ajustement structurel, pauvreté et institutions du travail ; pauvreté et développement rural ; discrimination sociale et genre ; gouvernance, institutions et développement ; exclusion sociale et développement. Par ailleurs, il importe de mieux appréhender les interactions entre la pauvreté et l'état de l'environnement, en s'appuyant sur un cadre analytique nouveau, en particulier en milieu rural africain, et en esquissant les orientations de politique économique souhaitables pour intégrer ces deux éléments dans un nouveau cheminement du développement. En outre, la pauvreté ne peut être appréhendée en dehors du contexte économique, politique, social et culturel - aux échelles locale et globale - et en dehors des inégalités qu'il génère.

#### ■ Agriculture écologiquement viable et sécurité alimentaire

Une implication plus forte de la recherche publique dans les enjeux du développement durable justifie la poursuite de la recherche en direction d'une révolution "doublement verte" qui concilie les objectifs de préservation de l'environnement, de productivité et de cohérence avec les dynamiques sociales locales. Elle appelle aussi au renforcement d'orientations nouvelles concernant le développement de ressources génétiques accessibles et sûres au Nord comme au Sud, le passage de la sécurité à la sécurisation alimentaire, la ré-interrogation de l'insertion territoriale, le développement des recherches participatives.

#### ■ Population, urbanisation et établissements humains viables

Les priorités en matière de recherche s'orientent vers les questions interdisciplinaires d'accompagnement des dynamiques démographiques dans les pays du Sud, de la mobilité qu'elles provoquent vers les villes de ces pays et vers les pays du Nord, et du vieillissement déjà engagé d'une partie de la population mondiale. Dans le domaine spécifiquement urbain, les priorités prennent en compte les questions globales liées à la gestion notamment sociale et écologique, avec une attention particulière sur la question des infrastructures et de l'espace.

#### ■ Santé et développement durable

Il convient de mieux structurer l'approche "environnement, développement, santé" au sein de la recherche en France. L'appréhension des questions de l'influence des facteurs environnementaux et du développement sur la santé comporte des dimensions, notamment, biologiques, géographiques, sociales, économiques et culturelles. Il importe pour cela de renforcer trois grands axes : l'impact sur la santé des variations climatiques, l'impact de la pollution et des modes de

vie, ainsi que les différents aspects de la sécurité sanitaire environnementale. La coopération scientifique avec les pays du Sud doit être renforcée, ainsi que la formation des compétences dans les pays en développement. La recherche pour un développement durable doit être promue et menée de façon équitable et synergique entre les pays industrialisés et les pays en développement.

## Modes de consommation et de production durables

### ■ Les grands enjeux énergétiques

L'énergie est un facteur clé du développement économique et du bien être social. La protection de notre environnement, en particulier la stabilité du climat, dépend pour l'essentiel des orientations stratégiques qui seront prises au niveau mondial dans la prochaine décennie. De nombreux travaux de recherche et développement sont encore nécessaires pour couvrir la demande d'énergie à partir de ressources durables et écologiquement rationnelles. Ces travaux visent la compétitivité économique par amélioration de l'efficacité des rendements de conversion, la réduction des coûts de production, la prise en compte des contextes d'application. Ils visent aussi à valider ou améliorer l'efficacité environnementale, particulièrement en réduisant le contenu carbone des filières ou toute autre forme d'impacts environnementaux susceptibles de limiter les possibilités de diffusion. Ils concernent en particulier l'énergie photovoltaïque, l'énergie géothermique, la production de combustibles non-fossiles comme l'hydrogène ou les produits dérivés de la biomasse, le stockage de l'énergie et son utilisation rationnelle.

### ■ Transports

Afin de limiter l'accroissement des émissions de CO<sub>2</sub> par les transports, voire réduire les émissions, toutes les recherches concernant la technologie des véhicules et l'organisation des transports (notamment en termes d'infrastructures et d'aménagement du territoire) doivent être poursuivies en lien notamment avec l'évolution des formes urbaines. La coopération étroite des laboratoires, des industriels et aussi des autorités ayant en charge la réglementation devrait permettre d'apporter un certain nombre de solutions techniques plus satisfaisantes pour l'avenir. Outre le développement d'outils d'évaluation de la pollution en milieu urbain et de planification des transports et de la mobilité, et une meilleure gestion des risques et de la fiabilité des systèmes, il paraît opportun de développer des recherches d'envergure sur l'innovation organisationnelle, la mise au point de nouveaux services, et sur les perspectives d'évolution des comportements essentielles pour le passage à des situations plus viables.

### ■ Industrie

L'Agenda 21 reste d'actualité et l'accroissement de l'effort de recherche, relatif à l'ensemble des enjeux industriels du développement durable, apparaît indispensable. Ces enjeux sollicitent en effet la recherche technologique et l'innovation pour une véritable évolution des modes de production. Cependant, si l'approche technique a engendré des progrès dans la "productivité environnementale", la

maîtrise des consommations, autre terme de l'équation, requiert d'autres approches. Les recherches en sociologie, histoire, anthropologie et économie pourraient permettre une meilleure connaissance des tendances d'évolution des pratiques de consommation à moyen et à long termes, de leurs caractéristiques et de leurs déterminants, de modalités de construction de la demande et des usages.



## Gérer les ressources naturelles de façon plus responsable

### ■ Compréhension des milieux et du fonctionnement des écosystèmes

Toute gestion durable des milieux repose sur des travaux d'acquisition de connaissances, de surveillance et de modélisation des ressources naturelles, de leur usage et des risques potentiels. Dans les prochaines années, les axes de recherche prioritaires concerneront d'une part, une approche intégrée du fonctionnement des écosystèmes continentaux, des cycles biogéochimiques aux biotopes et biocénoses, et d'autre part, le renforcement des connaissances relatives à la biodiversité, marine et terrestre, et à son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes. En matière de biodiversité, les recherches se développeront à l'interface entre le changement global, l'évolution/adaptation des écosystèmes et l'adaptation des modes de vie et des modes d'exploitation auxquels ils donnent lieu. Elles s'orienteront aussi vers l'accès à et l'usage de la biodiversité.

### ■ Gestion des sols et de la biodiversité

Un des grands défis est l'invention d'une agriculture qui soit écologiquement viable, économiquement équitable et qui puisse faire face simultanément à la très grande diversité des besoins liés à son caractère multifonctionnel. L'agronomie notamment doit tendre à devenir une ingénierie écologique. Dans cette perspective, les objectifs prioritaires des recherches à mener concernent, au Nord comme au Sud, la gestion durable des sols (surfaces agricoles, forestières et zones péri-urbaines) et de la biodiversité végétale, ainsi que celle des écosystèmes terrestres, conciliant dynamique naturelle et dynamiques sociales.

### ■ Gestion durable des ressources en eau

Avant de préconiser des modes de gestion adaptés, la priorité de la recherche est d'acquérir une connaissance suffisante de la ressource eau. Cette connaissance continuera à progresser par le développement des techniques exploratoires, des réseaux de suivi de l'évolution des ressources et des outils de modélisation, pour ce qui concerne l'aspect quantitatif. En ce qui concerne la qualité de l'eau, les recherches s'orienteront plus systématiquement vers l'analyse de la qualité des milieux aquatiques, donc de l'ensemble des écosystèmes qui influencent l'évolution des eaux souterraines ou de surface. La recherche au service des pays du Sud s'orientera vers le suivi (dont la mise en place d'observatoires), la répartition possible, les modalités d'accès, les usages sociaux de l'eau et la durabilité des modes de gestion du système eau-usages.



## ■ Océans et zones côtières

Dans le double contexte de régulation internationale et de régionalisation, la recherche doit se porter sur les priorités thématiques suivantes : évaluation et gestion de l'environnement marin et côtier, développement de l'océanographie opérationnelle, exploitation durable des ressources vivantes, lutte contre la perte de biodiversité marine et promotion des aires protégées, développement de la démarche de gestion intégrée des zones côtières, et enfin prise en compte du problème spécifique du développement durable des petites îles. Cet effort doit être accompagné d'une volonté d'intégration des connaissances au service de la définition d'une politique maritime globale.

## ■ Atmosphère et climat

L'importance fondamentale de la compréhension du fonctionnement du système climatique de la Terre et du développement d'outils de lutte contre le changement climatique appelle, pour les années à venir, la mise en œuvre d'axes prioritaires de recherche concernant l'atmosphère, l'océan et le climat. Pour mieux cerner le fonctionnement de l'atmosphère, il importe d'améliorer la prévisibilité des modèles météorologiques, de comprendre le rôle des nuages, d'appréhender la complexité de la chimie de l'atmosphère et d'étudier, prévoir et gérer la pollution atmosphérique urbaine. Il importe également d'étudier la contribution de l'océan à la variabilité climatique, les échanges océan-atmosphère et les interactions entre l'activité biologique et la composition chimique de l'océan. Une attention particulière doit être portée aux phénomènes extrêmes, afin de prévoir les incidences possibles de leur accroissement attendu. Enfin, des efforts particuliers doivent porter sur la mise en place de systèmes d'observations pérennes impliquant la conjonction d'observations satellitaires et de données au sol, sur une meilleure compréhension de l'état climatique de la Terre avant le début de l'ère industrielle et sur le rôle des surfaces continentales.

## ■ Sous-sol et ressources minérales

La recherche publique française est passée d'une finalité de production minière à une stratégie de connaissance au service d'un mode de développement durable. Les axes prioritaires ont trait à la mise au point d'outils de reconnaissance, de traitement et de gestion des ressources (découvertes de gisements cachés, traitements "sobres" et "propres", biotraitements notamment) à une prise en compte des dimensions écologiques, économiques et sociales, jusque dans la gestion à long terme des anciens sites miniers. Par ailleurs, une approche cohérente de "l'intelligence minérale" nécessite une plus grande coopération scientifique avec les pays en développement et la mise en place de dispositifs d'échanges d'information entre les pays au niveau régional. Enfin, les besoins de recherche en partenariat portent sur les méthodes permettant d'intégrer les données géophysiques dans la construction des modèles, sur le développement des méthodes de datation ponctuelles des phénomènes géologiques et sur les connaissances géologiques de base.

## ■ Connaissance et impact des catastrophes naturelles

Les catastrophes naturelles constituent un enjeu spécifique des politiques de développement durable. Les activités de recherche se développeront prioritairement dans un cadre interdisciplinaire et inter-organismes. Elles continueront à porter sur l'ensemble des compartiments des catastrophes naturelles, qu'il s'agisse des inondations, des risques sismiques et volcaniques ou des mouvements de terrain. Les travaux porteront aussi bien sur les aléas que sur la vulnérabilité, dans un souci de contribuer à la réduction des risques. Une attention particulière sera portée aux zones littorales, les premières exposées aux aléas liés aux changements climatiques. Les priorités porteront également sur les instruments, outils et méthodes de surveillance, modélisations et simulations numériques, systèmes d'information, d'aide à la prévention, à la décision et à la gestion, incluant les aspects économiques et sociaux.



## Organisation de la recherche

A l'heure actuelle, la recherche pour le développement durable, qu'elle porte sur des enjeux nationaux, globaux ou qu'elle vise au développement des pays du Sud, se trouve répartie dans un grand nombre d'organismes publics répondant à des logiques de programmation et de fonctionnement distinctes. Des dynamiques structurantes se développent au niveau européen, notamment dans le cadre du 6<sup>e</sup> PCRD. Il serait souhaitable de multiplier les initiatives nationales ou internationales de même type qui s'appuient sur la conception pluridisciplinaire des objets de recherche et des programmes.



## Une recherche inter-disciplinaire intégrant l'apport des sciences humaines et sociales

Agir dans le sens d'un développement plus durable implique d'approfondir les connaissances sur le fonctionnement de systèmes complexes, reposant sur les interactions entre les sociétés humaines et le milieu naturel. L'interaction est double : les activités des sociétés humaines et les choix de développement doivent s'adapter aux contraintes et aux potentiels du milieu naturel ; mais inversement, les choix en matière de politique économique et de style de vie transforment également ce milieu. Il est donc essentiel que toute recherche sur le développement durable intègre ces deux composantes de l'environnement, sociale et écologique, dont les dynamiques sont fondamentalement liées. L'enjeu aujourd'hui est d'établir les conditions d'une compatibilité durable entre la dynamique des systèmes sociaux et naturels. Œuvrer dans cette perspective, c'est promouvoir notamment des travaux interdisciplinaires, d'une part sur les dynamiques temporelles et spatiales des interactions sociétés/nature et, d'autre part, sur la gouvernance, avec un questionnement sur les nouvelles formes de concertation et de participation des institutions publiques, du secteur privé et de la société civile. C'est aussi mettre en place un dispositif de recherche qui intègre d'emblée les différentes approches disciplinaires, écologues, physiciens, chimistes, hydrologues,

climatologues etc., aux côtés des économistes, sociologues, historiens, géographes, démographes, juristes, anthropologues, philosophes, etc.

Il s'agit également de développer des programmes sur des domaines particuliers qui, au-delà d'une approche pluridisciplinaire, permettent que des objets soient appréhendés en commun par les chercheurs des sciences humaines et sociales et des sciences de la vie, de l'univers et pour l'ingénieur, et qu'une telle convergence fasse émerger de nouvelles méthodologies d'analyse et d'action. Cette interdisciplinarité, dont la nécessité est admise par la plupart des chercheurs, devra être rendue possible par les procédures d'évaluation et d'avancement. Les réformes des organismes de recherche depuis le sommet de Rio vont dans ce sens mais l'effort devra être poursuivi dans les années à venir.

## Les groupements de recherche

Les objectifs des fondations ou des GIS spécialisés existants sont très spécifiques et sont loin de recouvrir les différents domaines de la recherche pour le développement durable. Un premier objectif serait d'une part de restructurer ces GIS pour redéfinir leur champ d'action et de les doter des moyens nécessaires, et d'autre part, de compléter leur action par d'autres structures de recherche coopératives dans les champs de recherche non couverts (pauvreté et inégalités, milieu urbain, ressources en eau, etc.). Un budget de recherche incitatif inter-organismes pourrait être envisageable et mis en place par le ministère en charge de la Recherche en lien avec les ministères chargé de la Coopération et du Développement durable, en vue de structurer ces nouveaux champs de recherche.

## Un réseau technologique " technologies pour le développement "

Les développements technologiques appropriés constitueront un enjeu essentiel du Sommet de Johannesburg. La France dispose d'un ensemble d'établissements publics souvent orientés vers la recherche finalisée. Ceux-ci ont montré leur capacité de mobilisation avec les industriels dans le cadre de réseaux technologiques créés à l'incitation du ministère en charge de la Recherche dans les domaines de l'eau, de l'observation spatiale, des piles à combustible, etc., mais ont été insuffisamment sollicités sur les enjeux du développement à l'international du fait de l'absence de mécanismes d'incitation.

La recherche pour le développement pourrait bénéficier de la création d'un réseau spécifique de ce type, visant à l'innovation dans le domaine des technologies appropriées. Dans tous les champs techniques, il existe en effet d'une part des entreprises - souvent des PME - susceptibles de trouver sur ces marchés de nouveaux développements, et d'autre part dans les établissements scientifiques une connaissance du terrain, et notamment des ressources locales, physiques ou humaines, dont la combinaison des compétences est la condition du succès. En particulier, les approches de type "conception assistée par l'usage" tenant compte des réalités économiques, sociales et culturelles des pays hôtes devraient être privilégiées.



## Renforcement des capacités scientifiques dans les pays en développement

La réalisation des objectifs du développement durable définis à Rio passe obligatoirement par l'établissement d'un dialogue et la multiplication des échanges avec les pays en voie de développement dont les orientations, dans la prochaine décennie, seront déterminantes. Pour ce dialogue, ces échanges et ces choix, la situation actuelle des communautés scientifiques dans beaucoup de ces pays, et en particulier en Afrique, n'est pas favorable. L'Agenda 21, dans le chapitre 35, souligne à ce sujet : "Il faudra également accroître les capacités et les moyens scientifiques... en particulier dans les pays en développement. Il est indispensable que les scientifiques de ces pays participent pleinement aux programmes internationaux de recherche scientifique consacrés aux problèmes mondiaux liés à l'environnement et au développement afin que tous les pays puissent participer sur un pied d'égalité aux négociations concernant les questions mondiales d'environnement et de développement". Aider ces communautés scientifiques à sortir de leur précarité et de leur isolement constitue donc un enjeu fondamental.

Pour cela, une mobilisation accrue des organismes de recherche français s'avère nécessaire. Le système d'appui existant devrait être renforcé en termes de moyens, élargi au système de formation universitaire, et pourrait prendre une dimension européenne.



Les organismes de recherche français sont motivés à participer aux "initiatives de type 2"<sup>9</sup>, qu'elles soient de nature transverse (formation par la recherche des scientifiques du Sud avec l'appui des organismes français), ou correspondent à l'une ou l'autre des priorités du Sommet (eau, santé, énergie, etc.). Cela implique de leur part de nouer des partenariats avec leurs homologues du Sud, avec les agences de financement nationales, européennes ou internationales, ainsi qu'avec les autres partenaires (organisations régionales comme le NEPAD, Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique, collectivités territoriales, entreprises, ONG, etc.).

Enfin, il serait utile que les recommandations qui précèdent puissent faire l'objet de divers moyens de suivi afin d'évaluer leur état d'avancement et de pouvoir les adapter en conséquence. On peut ainsi avancer quatre suggestions.


■ Consolider la coordination inter-organismes en fonction des trois dimensions du développement durable (environnement, économie, société).

- Mettre en place un comité technique consultatif sous l'égide du ministère en charge de la Recherche, dont le rôle serait d'assister la coordination des organismes.
- Assurer une représentation structurée de la recherche française au sein de la Commission Nationale de Développement Durable.
- Organiser à intervalles réguliers une table ronde d'experts ou un forum ouvert à l'ensemble des acteurs concernés sur la contribution de la recherche au développement durable.

*Note*

---

*9 - Initiatives en partenariat non négociées émanant des gouvernements, des organisations internationales ou des acteurs.*



*Ce rapport, qui présente la contribution des organismes de recherche français pour le Sommet mondial du développement durable, est issu d'une réflexion collective animée et coordonnée par l'IRD (Institut de recherche pour le développement) à la demande du ministère chargé de la Recherche.*

■ Les organismes de recherche français  
ayant participé à l'élaboration de ce rapport :

ADEME, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie  
ANDRA, Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs  
BRGM, Bureau de recherches géologiques et minières  
CEA, Commissariat à l'énergie atomique  
CEMAGREF, Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts  
CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement  
CNES, Centre national d'études spatiales  
CNRS, Centre national de la recherche scientifique  
CSTB, centre scientifique et technique du bâtiment  
IFREMER, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer  
INERIS, Institut national de l'environnement industriel et des risques  
INRA, Institut national de la recherche agronomique  
INRETS, Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité  
Institut Pasteur  
INSERM, Institut national de la santé et de la recherche médicale  
IRD, Institut de recherche pour le développement

Photos : © CNRS Photothèque,  
François Blasco, Claude Delhaye, Jean-Michel Dreuillaux,  
Alain R. Devez, Vincent Jomelli, Laurence Medard, Jean-Yves Pontailier.

Conception réalisation : Wazadoc - Vanves 92  
Imprimerie Nationale





Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ADEME



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



Ifremer



INSTITUT PASTEUR

Inserm



Institut national de la santé et de la recherche médicale

Institut de recherche pour le développement

Contact :  
ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies  
département de la communication  
[secretariat-communication@recherche.gouv.fr](mailto:secretariat-communication@recherche.gouv.fr)  
1, rue Descartes 75231 Paris cedex 05  
[www.recherche.gouv.fr](http://www.recherche.gouv.fr)

ministère

Jeunesse  
éducation  
recherche



ministère délégué  
recherche et nouvelles  
technologies