

Recherches sur le changement climatique, interdisciplinarité et stratégie du CNRS¹

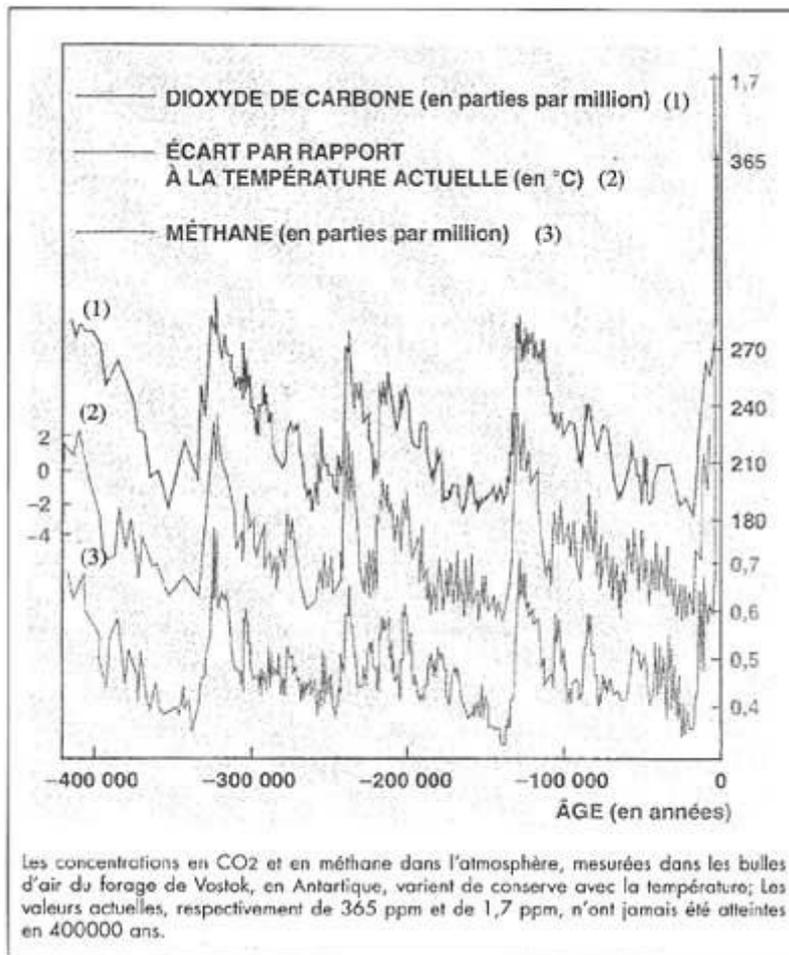
par Gérard Mégie, Président du CNRS, membre de l'Académie des sciences

Les recherches en sciences de l'environnement sont aujourd'hui une priorité affichée du CNRS. Par leur caractère interdisciplinaire, par l'approche nécessairement internationale qu'elles requièrent, par le lien qu'elles impliquent avec l'expertise et la décision publique, par l'exigence d'information des citoyens sur les enjeux des changements environnementaux qu'elles sous-tendent, elles sont à bien des égards exemplaires des grandes orientations stratégiques que le CNRS a définies dans son *Projet d'établissement* adopté en février 2002. Elaboré dans une large concertation avec les acteurs internes et externes du CNRS, celui-ci a pour objet de tracer les voies stratégiques d'une nécessaire réforme permettant à l'organisme de jouer pleinement son rôle dans le dispositif national de recherche. En partant de la problématique du changement climatique et en montrant comment celle-ci conduit à une approche renouvelée de l'interdisciplinarité, de l'expertise et de la diffusion des savoirs, nous serons ainsi conduits à mettre en évidence la stratégie renouvelée du CNRS à l'horizon des dix prochaines années, dont l'ambition est de placer le Centre, principal organisme public de recherche en France, couvrant l'ensemble des champs disciplinaires, en position de répondre aux nouveaux défis de la science et à sa mission première de recherche fondamentale au service de l'avancée des connaissances et du développement économique, social et culturel du pays.

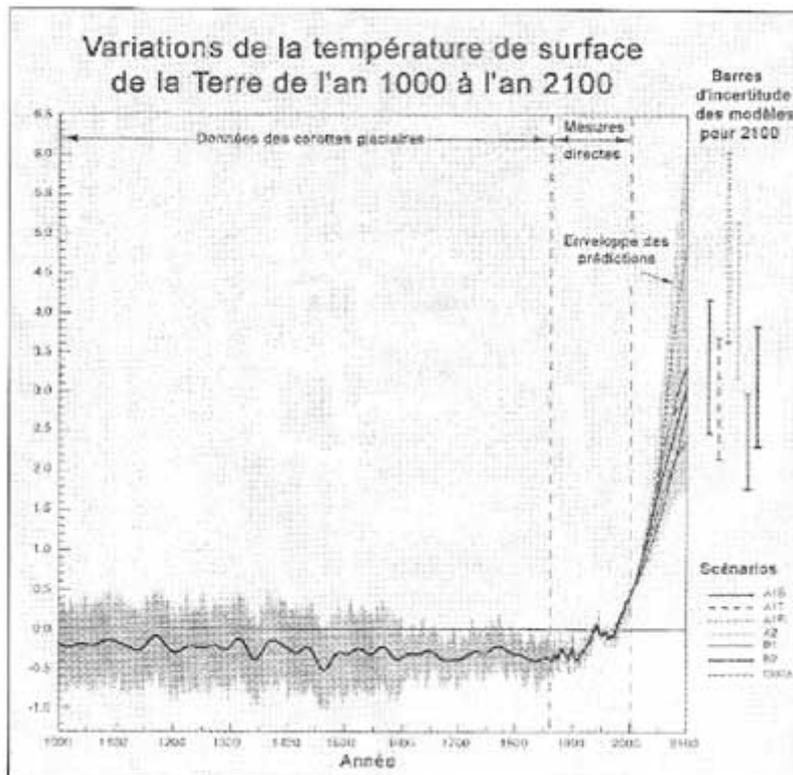
Les changements climatiques : une évolution sans précédent dans l'histoire de l'humanité

L'environnement de la Terre est régi par un équilibre dynamique et non statique. Depuis la formation de notre planète, il y a quatre milliards et demi d'années, la composition chimique de l'atmosphère a continûment changé à l'échelle des temps géologiques, passant d'une atmosphère originelle, essentiellement réductrice, au mélange azote-oxygène qui caractérise l'atmosphère actuelle. L'apparition de la vie sur la Terre est d'ailleurs directement liée à ce caractère oxydant de l'atmosphère terrestre qui constitue un fait unique dans l'ensemble des planètes du système solaire. Jusqu'au début du 20^{ème} siècle, cette évolution de notre planète, que les archives glaciaires et sédimentaires permettent de relier aux grandes oscillations climatiques, trouve son origine dans des phénomènes naturels. L'explosion démographique, le développement des activités industrielles et agricoles, la multiplication des moyens de transport ont entraîné au cours des deux cents dernières années un changement profond de notre environnement.

Ainsi, l'augmentation du fait des émissions anthropiques des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère a conduit, depuis le début de l'ère industrielle, à un effet de serre additionnel qui influence directement le climat terrestre. La température moyenne de la Terre a augmenté au cours du 20^{ème} siècle de 0,6°C. Dans le même temps, le niveau des océans s'est élevé d'une valeur comprise entre 10 cm et 20 cm. Si la validité de la notion de valeur moyenne pour des variables comme la température de la Terre ou le niveau des mers reste un sujet de débat, compte tenu de la forte variabilité spatiale et temporelle observée des phénomènes climatiques, ces grandeurs n'en constituent pas moins des indicateurs quantitatifs du changement climatique en cours.



Les projections faites à l'aide des modèles les plus récents prédisent à l'horizon de la fin du 21^{ème} siècle une élévation moyenne de la température comprise entre 1,4 et 5,8°C. Au-delà de cette variation moyenne, il mettent également en évidence une variabilité accrue qui viendra, à plus court terme, se superposer à la variabilité naturelle du climat. Du fait d'une évaporation accrue et d'un surcroît d'énergie disponible dans l'atmosphère dans un climat plus chaud, on pourrait ainsi voir augmenter la fréquence des phénomènes extrêmes (sécheresse, pluies diluviennes, tempêtes...), ou même voir apparaître brutalement, en l'espace de quelques décennies, des perturbations résultant du caractère non linéaire du système climatique. Certains modèles prédisent ainsi que la circulation océanique profonde, qui prend naissance dans l'Océan Atlantique Nord, se ralentit dans un climat plus chaud. La modification du Gulf Stream, qui pourrait en résulter, aurait certainement des conséquences importantes sur le climat de l'Europe de l'Ouest.



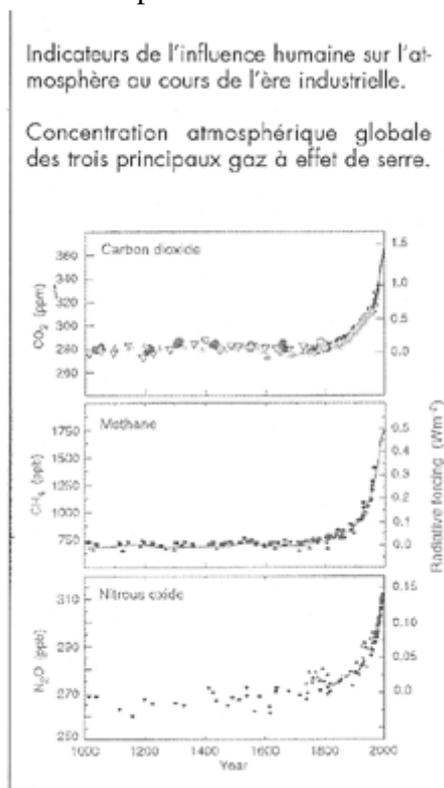
Les perturbations apportées par l'homme à l'environnement de la Terre vont donc se traduire par un changement climatique à l'échéance des prochaines décennies qui affectera très probablement l'ensemble des écosystèmes. Parmi ceux-ci, les écosystèmes côtiers et de montagne, particulièrement fragiles, seront profondément atteints. Le cycle de l'eau sera perturbé avec des précipitations accrues aux moyennes et hautes latitudes et des sécheresses plus importantes aux latitudes tropicales, augmentant les risques de disette alimentaire et de famine. La répartition des ressources en eau sera également modifiée, source de conflits potentiels. L'élévation du niveau des mers et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes se traduiront par des risques accrus d'inondations et de tempêtes. Enfin, dans le domaine de la santé, un risque de recrudescence des maladies infectieuses (paludisme, fièvre jaune, encéphalites virales) pourrait exister. Au-delà de ces atteintes directes, la vulnérabilité des populations dépendra certainement de leur accès aux ressources naturelles, techniques et sociales. Notre capacité de prédiction de l'évolution des climats futurs reste toutefois limitée par la difficulté, d'une part de modéliser le système complexe de l'environnement terrestre, d'autre part de prévoir l'efficacité, à l'échelle du prochain siècle, des mesures de régulation des émissions de gaz à effet de serre prises dans le cadre de la Convention de Rio de Janeiro et du Protocole de Kyoto.

Les recherches conduites au cours des dernières années ont permis des progrès importants dans la compréhension des mécanismes qui régissent les différents compartiments de l'environnement terrestre : atmosphère, océan, biosphère, cryosphère, surfaces continentales, système de l'environnement terrestre. Elles ont aussi révélé le caractère complexe d'un système qui se caractérise notamment par une imbrication forte des échelles spatiales et temporelles, du local au global, et qui, de ce fait, induit une relation entre les différents problèmes d'environnement : changement climatique, ressources en eau, biodiversité, pollution de l'air, des sols, des océans... Nous savons que notre planète est aujourd'hui soumise à des forçages dus aux activités humaines qui sont hors de limites de la variabilité naturelle connue, au moins à l'échelle du dernier demi-million d'années. La nature des changements induits par l'homme dans l'environnement planétaire, leur intensité, à la fois

amplitude et rapidité, sont sans précédent dans l'histoire de l'humanité, et probablement dans toute l'histoire de la Terre. Celle-ci est entrée dans une évolution sans analogue dans le passé. Ces recherches ont également démontré toute l'importance des couplages entre ces compartiments, qu'ils concernent l'énergie ou la matière, dans la mesure où ceux-ci induisent une part importante de la variabilité naturelle, et où ils sont porteurs d'effets de seuil et de non-linéarités, limitant par là même notre capacité de prévision. Mais nous ne savons toujours pas où se situent ces seuils critiques, ni quels sont les états potentiellement stables du système de l'environnement. D'où l'ampleur des incertitudes aussi bien sur le fonctionnement du système que sur les scénarios du futur et la mise en perspective des différents types de risques auxquels nous serons soumis.

Quelle stratégie de recherche en sciences de l'environnement ?

Comment alors faire face au défi posé par le fait que les changements planétaires induits dans notre environnement viennent se superposer aux problèmes existants que posent l'état de pauvreté, les maladies, la malnutrition d'une large part de l'humanité ? Certaines sociétés pourront s'adapter aux changements, d'autres, et ce sont les plus nombreuses, ne le pourront pas dans l'état actuel de leurs perspectives de développement. Quelles réponses leur apporter alors même que nos modes de développement sont eux-mêmes incompatibles avec un développement durable de la planète ? Comment enfin, face à cette complexité et à ce changement dans les relations entre l'homme et la nature, définir une ou des stratégies de recherche pertinentes ?



Dans le domaine des sciences de l'environnement, les programmes de recherche, nationaux et internationaux sont aujourd'hui en pleine mutation. Ils intègrent dans leurs nouveaux modes d'organisation les avancées scientifiques des dernières décennies et mettent de plus en plus l'accent sur les notions de cycles et de couplages, sur la prévision climatique ou celle des ressources en eau, sur l'influence des variables d'environnement sur les maladies infectieuses, sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, sur l'ingénierie des territoires, sur la gestion des risques, sur celle des ressources en liaison avec les modes de développement, sur les énergies nouvelles et les matériaux du futur. En insistant sur la nécessité de mener de front des recherches dans ces différents domaines - compréhension du système naturel de l'environnement et de son évolution sous l'influence des activités humaines, recherches amont sur les modes de production d'énergie, recherche aval sur les impacts et les enjeux économiques et sociaux - ils confirment et amplifient le caractère pluridisciplinaire des sciences de l'environnement.

Mais celui-ci s'est jusqu'à présent le plus souvent limité aux interfaces des disciplines ; chacune, biologie, physique, chimie, sciences humaines et sociales, conceptualisant dans son propre référentiel la notion d'environnement. L'enjeu pour l'organisation de la recherche est aujourd'hui de dépasser ce simple cadre d'interface pour mettre en œuvre une approche réellement

interdisciplinaire qui, des mathématiques aux sciences humaines et sociales, permettra de dégager une base de connaissances scientifiques sur lesquelles puissent s'appuyer les sociétés pour débattre, étudier et finalement décider des réponses à apporter aux changements induits par l'homme dans la perspective d'un développement durable de la planète. En faisant de l'environnement, ou plus exactement du lien entre environnement, énergie et développement durable, une priorité nationale au même titre que les sciences du vivant ou les sciences de l'information et de la communication, autres enjeux interdisciplinaires, les pouvoirs publics apportent une première garantie quant aux moyens de la recherche. D'autant que cette priorité est partagée par l'Union européenne qui met également en avant, dans le 6ème Programme cadre de recherche et développement, les thématiques du développement durable dans leur aspect pluridisciplinaire intégrant les sciences humaines et sociales. Les sciences de l'environnement peuvent donc largement contribuer à la construction d'un espace européen de la recherche, à la fois par les thématiques interdisciplinaires de recherche fondamentale qu'elles sous-tendent, que par les moyens dont elles doivent disposer : observatoires, zones ateliers, moyens d'observation, bases de données, etc...

En modifiant les relations entre natures et sociétés, l'action de l'homme sur l'environnement implique donc une conception nouvelle des recherches sur l'environnement, qui intègre aussi bien l'étude des milieux naturels et de leur devenir, que l'ensemble des questions socio-économiques que sous-tendent les problèmes d'analyse des risques environnementaux, de prospective économique dimensionnante des modes de production d'énergie, d'adaptabilités technique et sociale, d'analyse juridique des modes de gouvernance, d'analyse sociale des jeux d'acteurs qui conduisent aux prises de décision. Au-delà des outils classiques que constituent par exemple les programmes interdisciplinaires, qu'ils soient nationaux, européens ou internationaux, c'est l'émergence d'une communauté de chercheurs en sciences de l'environnement, fondée sur l'ensemble des compétences disciplinaires, qui doit être aujourd'hui favorisée. Enjeu difficile, qui implique un décloisonnement disciplinaire, et donc une prise de risque qui transgresse les habitudes, et qui, au delà des bonnes intentions, ne pourra être abordé que par une action volontariste des différentes communautés.

L'interdisciplinarité : un enjeu majeur pour le CNRS

Illustrée par les sciences de l'environnement, l'interdisciplinarité est un enjeu majeur pour le CNRS, d'autant que la richesse disciplinaire du Centre constitue un atout pour sa mise en œuvre. Elle est aujourd'hui impliquée dans la plupart des grandes thématiques qui structurent la recherche fondamentale et l'étude des systèmes complexes est l'un des moteurs les plus puissants du progrès scientifique. Ce contexte général d'évolution de la science et notamment l'importance prise par les défis et les enjeux de la complexité conduisent alors le CNRS à définir sa politique scientifique autour de la pratique et de la pensée de l'interdisciplinarité, qui vise à construire en commun des objets de recherche, et les outils de pensée que ceux-ci requièrent. Cette réflexion s'accompagne d'une nécessaire redéfinition des modes d'évaluation et de prise en considération d'une «demande sociale» qui, s'exprimant de plus en

plus fortement, est portée par des acteurs extrêmement diversifiés. De ce fait, elle ne reflète qu'indirectement les «attentes de la société» qu'elle prétend exprimer et l'enjeu principal est alors de mettre en place des procédures permettant d'organiser et de rationaliser le débat public autour des enjeux de la science, dans un travail d'élaboration démocratique des choix scientifiques, dont le CNRS se veut un des acteurs principaux.

Il importe donc que l'organisme puisse permettre aux différentes formes d'interdisciplinarité de se développer, qu'elles relèvent d'une pluridisciplinarité de proximité et de complémentarité entre disciplines voisines, d'une pluridisciplinarité d'objectifs, pour l'étude d'un système complexe, ou même d'une pluridisciplinarité exploratoire. En mobilisant ainsi l'apport des différentes disciplines, le CNRS démontre que sa démarche stratégique et scientifique correspond à une vision d'ensemble cohérente de l'évolution de l'organisme, et non à la simple agrégation de politiques disciplinaires. Il est en particulier important de bien apprécier que les priorités affichées actuellement par les pouvoirs publics pour les sciences du vivant, les sciences de l'information et de la communication et les sciences de l'environnement, en interface avec les sciences de l'homme et de la société, ne peuvent se décliner de façon efficace que dans un tel cadre d'interdisciplinarité.

La politique scientifique définie par le CNRS se donne donc pour objectif principal d'articuler interdisciplinarité et évolution des champs disciplinaires. Elle se structure ainsi autour d'axes interdisciplinaires qui affichent délibérément des thématiques en prise sur les enjeux de société : «mécanismes du vivant, de la molécule aux systèmes» ; «information, communication et connaissance, des systèmes d'information à la communication sociale » ; « environnement, énergie et développement durable» ; «nanosciences et sciences des matériaux»; «particules élémentaires et compréhension de l'Univers». Mais ces axes interdisciplinaires ne sauraient bien évidemment résumer à eux seuls l'ensemble de l'activité scientifique du Centre. Ainsi, mettre l'accent sur les sciences du vivant, les sciences de l'information et de la communication ou les sciences de l'environnement implique d'identifier simultanément les besoins en recherche induits dans les autres disciplines mathématiques, physique, chimie, sciences humaines et sociales..., et de préserver le «cœur» des disciplines d'où naîtront les futures avancées scientifiques, et donc les priorités de demain.

Le CNRS bénéficie d'atouts importants dans la mesure où l'interdisciplinarité ne peut fonctionner qu'avec un personnel scientifique et technique de grande qualité et qu'elle doit être fondée sur une maîtrise forte des disciplines. Une réflexion plus approfondie sur la structuration même de l'organisme doit conduire aujourd'hui à la mise en œuvre d'outils innovants de l'interdisciplinarité. Celle-ci doit prendre en compte l'ensemble de la chaîne d'élaboration des connaissances : prospective, structures de recherche, moyens humains et évaluation. Les obstacles sont nombreux qui ne mettent pas en cause seulement le chercheur et ses pratiques, mais également son positionnement dans les institutions de recherche et l'organisation même de celles-ci. Le cloisonnement disciplinaire et sous-disciplinaire reste fort, aussi bien dans les organismes que dans l'enseignement supérieur. Il s'étend au-delà dans l'organisation des sociétés savantes et dans les modes de communication scientifiques, qu'il s'agisse des colloques ou des journaux spécialisés. Il va même parfois jusqu'à assimiler l'aspect fondamental d'une recherche à son caractère analytique et réducteur.

Affichée comme un objectif stratégique prioritaire du CNRS, l'interdisciplinarité doit être soumise à une évaluation rigoureuse et permanente, tant stratégique que scientifique. Cela suppose d'adapter les modes d'organisation et les constantes de temps de l'évaluation à ses spécificités. Par ailleurs, la constitution de communautés scientifiques interdisciplinaires requiert une action qui s'inscrit nécessairement dans la durée. Celle-ci doit mobiliser autour de cet objectif stratégique les différents outils dont dispose l'organisme pour à la fois favoriser la mobilité thématique et recruter le sang neuf nécessaire à l'émergence des champs nouveaux. Enfin, l'importance d'une visibilité externe forte des actions interdisciplinaires

conduites par le CNRS rend plus que jamais nécessaire une politique de communication volontariste et une réflexion approfondie sur la capacité d'expertise ainsi créée et sur la façon efficace de la mettre en œuvre.

Une stratégie renouvelée pour le CNRS

La définition abordée ci-dessus d'une politique scientifique conduisant à définir des priorités thématiques, pérennes ou émergentes, disciplinaires ou interdisciplinaires, constitue le premier volet de la stratégie du CNRS. Elle doit bien évidemment être complétée par une stratégie d'organisation et de moyens permettant de définir des priorités d'action et de tirer le meilleur parti des potentialités de l'organisme. La mise en œuvre de ces priorités implique une politique de réforme des modes d'organisation et d'action du CNRS, qui touche tous ses domaines d'action : organisation interne, partenariats, développement international et régional, ouverture vers le monde socio-économique et la société. Elle bénéficie du levier offert au cours des dix prochaines années par le renouvellement important des personnels du Centre. Elle s'appuie également sur une volonté de responsabiliser les acteurs internes et de déconcentrer les modes d'organisation, en se fondant sur une articulation efficace entre action et évaluation, de façon à permettre à chaque niveau du Centre de mettre en œuvre une stratégie scientifique et de moyens cohérente. L'ensemble de ces objectifs stratégiques peut être trouvé dans le Projet d'Etablissement du CNRS. Nous nous limiterons ici à traiter brièvement de deux enjeux importants, déjà illustrés dans la cadre des sciences de l'environnement : celui de l'espace européen de la recherche, et celui des liens avec la société.

L'Europe offre, en effet, un espace géographique de dimension adéquate, pour d'une part mobiliser les ressources humaines, financières ou technologiques nécessaires, et d'autre part parvenir à une meilleure visibilité des recherches conduites. Elle est, en outre, une réalité géostratégique et politique. Aujourd'hui, l'enjeu pour le CNRS est de jouer un rôle structurant dans la construction d'un espace européen de la recherche, en s'appuyant sur les ouvertures récentes faites par la Commission européenne, et en y intégrant de façon déterminée la dimension de la recherche fondamentale. Tout en sachant qu'une telle construction ne se décrète pas et qu'elle ne pourra se faire qu'à travers l'émergence de communautés scientifiques européennes, elles-mêmes porteuses de projets scientifiques. Dans ce contexte, la stratégie européenne du CNRS est fondée non seulement sur une participation active à la définition des axes de recherche soutenus par les instances de l'Union européenne, mais aussi sur l'intensification des collaborations bilatérales et multilatérales avec les organismes de recherche et les universités d'autres pays, sur l'ouverture réciproque des grands programmes de recherche nationaux, sur une concertation accrue entre organismes de recherche, notamment à travers la Fondation européenne de la Science (ESF), et sur le renforcement des organes de réflexion et de dialogue de la communauté scientifique européenne elle-même. L'objectif à moyen terme est la définition d'une politique européenne de recherche qui dépasse les aspects finalisés du Programme cadre de recherche et développement et inclue l'ensemble de la recherche fondamentale. Celle-ci doit s'accompagner, en tenant compte de la diversité des modes d'organisation et de gestion, de la mise en place d'un véritable « statut » du chercheur européen. Ceci est affaire de volonté politique.

Enfin, si la science est un facteur de production conduisant à l'amélioration des conditions de vie et de la santé, et engendrant de la richesse, elle est également perçue aujourd'hui comme potentiellement porteuse de risques. Face à cette évolution, le CNRS ne peut se soustraire à sa responsabilité d'acteur public du débat scientifique. En s'appuyant sur sa capacité à mobiliser les chercheurs, notamment en sciences de l'homme et de la société, en organisant des lieux où puissent se développer de façon utile les controverses scientifiques et en mobilisant sa propre capacité d'expertise, le Centre doit créer les conditions d'une meilleure réponse aux demandes

et aux besoins de la société par le développement des sciences et des techniques. C'est notamment en analysant les imbrications croissantes entre la recherche et la société que l'organisme contribuera à mieux faire percevoir la place de la recherche fondamentale dans ce processus, et saura répondre aux interrogations de la société, qu'elles concernent la science et la culture, le positionnement éthique ou le rôle de l'expertise.

Conclusion : préparer l'avenir

Dans leur très grande majorité, les acteurs de la recherche sont aujourd'hui d'accord sur le fait qu'il apparaît nécessaire de redéfinir leur rôle et leurs modes d'action au sein du dispositif national de recherche : partenariat entre organismes de recherche et universités, articulation entre les niveaux européen, national et régional, importance d'une structuration nationale de la recherche, partenariat avec les entreprises et place des systèmes de financement privé de la recherche, identification et levée des verrous qui empêchent aujourd'hui les organismes de recherche de jouer pleinement le jeu de l'interdisciplinarité et de la construction européenne... Cette redéfinition doit bien évidemment s'accompagner d'une réflexion sur les moyens de la recherche, et notamment sur la part relative des financements publics et privés pour atteindre l'objectif moyen de 3% du PIB, fixé pour l'Europe en 2010.

C'est dans cette voie, fondée sur une analyse stratégique globale, que s'est engagé le CNRS, par la redéfinition de ses priorités scientifiques autour d'une science interdisciplinaire, la responsabilisation de ces acteurs internes et la déconcentration de ses modes d'organisation, l'ouverture à l'Europe, aux régions, et au monde socio-économique, les partenariats avec les établissements d'enseignement supérieur et les organismes de recherche. Mais la réussite de cette politique de réforme interne implique également que la recherche retrouve un niveau de priorité compatible avec le rôle majeur qu'elle joue dans le développement économique, social et culturel de notre pays et de l'Europe, et que notre système de formation se mobilise également autour de ces enjeux si l'on veut disposer demain du vivier nécessaire. Ceci suppose un affichage politique fort qui, seul, pourra redonner confiance dans l'avenir de la recherche, aux acteurs de la recherche eux-mêmes et aux jeunes générations appelées, pour une part d'entre elles, à constituer la relève de notre potentiel scientifique.

Note : le contenu de cet article sur les changements climatiques, changements qui ont été confirmés cet été dans les faits, avait fait l'objet d'une conférence de Gérard Mégie devant l'Académie des sciences, le 21 janvier 2002.

¹ Cet article de Gerard Mégie reprend le texte publié par le Bulletin de l'association ds anciens et amis du CNRS Bulletin n° 33 - novembre 2003 : Numéro Spécial recherche, avec des contributions de Jean-Baptiste Donnet : Notre recherche est-elle en crise grave ?

Pierre Papon : La recherche française n'a pas démerité

Serge Bauin : Remarques sur les indicateurs bibliométriques pour évaluer l'impact des publications

Gérard Mégie : Recherche sur le changement climatique, interdisciplinarité et stratégie du CNRS

Interview de Guy Ourisson : de nouvelles pistes ?

Hubert Curien : Conclusion

Nous remercions l'Association l'association ds anciens et amis du CNRS de nous autoriser à reprendre ce texte à partir de son site Internet : <http://www.anciens-amis-cnrs.com>