



Stratégie nationale de recherche et d'innovation 2009

Rapport du groupe de travail
Ressources naturelles

RESUME

On entend par « ressources naturelles » les éléments physico-chimiques et biologiques ainsi que les services fonctionnels préexistants dans l'environnement que les sociétés humaines utilisent pour leurs besoins vitaux et leur bien-être. Elles sont utilisées et mises en valeur aux plans économique et culturel par des activités artisanales, industrielles, agricoles, touristiques, sportives et autres.

La croissance démographique, le développement économique, le développement des échanges et le changement global accompagné de phénomènes climatiques extrêmes se conjuguent pour exercer une pression grandissante sur l'utilisation des ressources naturelles et sur les services écosystémiques.

Gérer durablement les ressources naturelles, lutter contre le changement climatique et l'érosion de la biodiversité, prévenir leurs conséquences : telles sont les conditions d'un développement durable qui nécessite de concevoir de nouveaux modes de production, de gestion et de régulation internationale des biens publics.

Dans cette perspective, la recherche joue un rôle essentiel pour permettre l'approvisionnement en ressources minières et minérales hautement stratégiques, pour apporter des solutions en réponse à la raréfaction des ressources finies toujours plus sollicitées, et pour mieux connaître les services écosystémiques et les préserver.

La recherche sur les ressources irrigue par conséquent le développement économique, la compétitivité et les technologies au travers des industries lourdes et légères, des éco-industries et des services. Elle est essentielle pour promouvoir des formes de démocratie permettant une équité entre générations présentes et générations futures, pour prendre en compte les spécificités des territoires français, en particulier ceux de l'Outre-mer, et pour contribuer au développement des pays du Sud.

Le budget de la mission interministérielle pour la recherche et l'enseignement supérieur (MIRE) consacré aux recherches sur les ressources naturelles représente 700M€ Sur les principaux champs disciplinaires identifiés, la France représente 3,8% des publications mondiales (4,4% sur l'ensemble des disciplines) et montre une progression globale de la qualité des publications, attestée par l'indice d'impact relatif calculé par l'OST entre 2001 et 2007. Les recherches sont autant, sinon plus, valorisées sous la forme d'expertise et d'appui aux politiques publiques que sous la forme de brevets, à l'exception du domaine de l'exploration pétrolière.

La France dispose d'atouts forts avec des compétences reconnues et un leadership dans plusieurs champs disciplinaires portés par des organismes de recherche finalisés intégrés avec les acteurs de terrain et fortement impliqués dans l'espace de la recherche européen et à l'international, ainsi que la présence de grandes entreprises dans le domaine de l'exploitation des ressources naturelles et de l'environnement.

En revanche, la fragmentation des approches par type de ressources ne permet pas d'aborder de façon suffisamment coordonnée et performante les questions de conflits d'usage ou de substitution entre ressources et répondre aux enjeux de la connaissance et la préservation des ressources naturelles vitales pour satisfaire les besoins de l'homme, et essentielles à son bien-être social et économique.

Le défi consiste donc à assurer la continuité entre recherches cognitives et recherches finalisées et à dégager des orientations applicables aux différents types de ressources que les différents acteurs pourront s'approprier selon deux axes :

- connaître et exploiter les ressources dans un mode de gestion dynamique et durable, par des approches systémiques,
- diversifier les ressources naturelles en favorisant le recours aux ressources renouvelables par le développement d'innovations technologiques et organisationnelles.

Ces orientations se déclinent en quatre objectifs prioritaires :

- promouvoir une approche systémique, incluant les sciences humaines et sociales, afin de développer les concepts de vulnérabilité et de résilience face au changement global, nécessaires à la mise en place d'une gestion durable des ressources ;
- développer les technologies et les organisations pour l'exploitation raisonnée des ressources épuisables en limitant ses impacts sur les autres ressources ;
- produire les connaissances nécessaires à la transition vers l'usage de ressources renouvelables ;
- étudier et proposer des modèles de gouvernance internationale intégrant la notion de bien public mondial.

Le défi propose des recommandations pour :

- favoriser l'intégration des connaissances pour une approche globale de la gestion des ressources naturelles par l'amélioration de la qualité et de la disponibilité des données, la mise en réseau et la pérennisation des systèmes d'observation ;
- renforcer le rôle intégrateur de la recherche finalisée et son articulation avec la recherche cognitive par un pilotage structuré ;
- renforcer le rôle de la FRB (Fondation pour la recherche sur la biodiversité) pour la recherche, l'expertise et la formation dans le domaine de la biodiversité ;
- coordonner et renforcer l'effort global consacré aux recherches marines ;
- inscrire la stratégie nationale dans le cadre de l'EER par la programmation conjointe et la mobilité des chercheurs, le renforcement des plateformes technologiques existantes dans les domaines de l'eau, de la forêt et des ressources minérales, et la coordination au niveau européen les grandes infrastructures de recherche pérennes.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1 PERIMETRE ET ENJEUX	1
1.1 ENJEUX SOCIETAUX.....	1
1.2 COMPOSANTES DU DEFI.....	2
2 LA SITUATION DE LA FRANCE SUR CE DEFI	3
2.1 LA POLITIQUE NATIONALE.....	3
2.1.1 <i>L'engagement budgétaire</i>	3
2.1.2 <i>L'organisation de la recherche</i>	3
2.1.3 <i>Les objectifs des politiques publiques</i>	4
2.1.4 <i>La politique communautaire</i>	4
2.1.5 <i>Politique internationale</i>	6
2.2 LES INDICATEURS BIBLIOMETRIQUES ET LES BREVETS	6
2.3 ELEMENTS DE PROSPECTIVE	7
2.4 FORCES ET FAIBLESSES DE LA FRANCE	8
3 L'ANALYSE STRATEGIQUE	9
3.1 LA PROBLEMATIQUE STRATEGIQUE SUR LE DEFI.....	9
3.2 LES ORIENTATIONS STRATEGIQUES	10
3.2.1 <i>Evolutions de la politique et des moyens</i>	10
3.2.2 <i>Inscrire la stratégie nationale dans le cadre de l'Espace européen de la recherche</i>	13

INTRODUCTION

1 PERIMETRE ET ENJEUX

On entend par « ressources naturelles » les éléments physico-chimiques et biologiques ainsi que les services fonctionnels préexistants dans l'environnement que les sociétés humaines utilisent pour leurs besoins vitaux et leur bien-être. Elles sont utilisées et mises en valeur aux plans économique et culturel par des activités artisanales, industrielles, agricoles, touristiques, sportives et autres. Le périmètre inclut les services écosystémiques définis par les objectifs du millénaire pour l'évaluation des écosystèmes¹, la capacité pour les systèmes écologiques à absorber et « métaboliser » les rejets des activités humaines, et les espaces pour l'aménagement des territoires.

1.1 Enjeux sociétaux

La croissance démographique, le développement économique, le développement des échanges et le changement global accompagné de phénomènes climatiques extrêmes se conjuguent pour exercer une pression grandissante sur l'utilisation des ressources naturelles et sur les services écosystémiques. L'empreinte écologique mondiale² a atteint 2,5 ha par habitant en 2000 et a dépassé la capacité biologique de la Terre à produire nos ressources et absorber nos déchets depuis le milieu des années 1970. Elle est de 5 ha par habitant en Europe et de 10 ha par habitant aux USA.

L'eau, élément essentiel de la biosphère, intervient dans la plupart des processus qui gouvernent notre environnement ; sa disponibilité et sa qualité constituent des enjeux vitaux pour les sociétés humaines. **L'espace** est utilisé pour les activités humaines qu'il s'agisse d'en tirer le meilleur usage, de le valoriser, ou de le protéger pour préserver d'autres ressources et services écosystémiques. Une ambition partagée pour la gestion de ces deux ressources a un puissant effet d'entraînement pour d'autres politiques sectorielles comme l'agriculture, l'alimentation, l'industrie, la ville et l'aménagement du territoire.

L'accès aux ressources du sous-sol constitue un enjeu stratégique d'approvisionnement pour les sociétés industrielles, en particulier pour celles dont les perspectives actuelles d'utilisation dépassent la limite des réserves. C'est le cas des ressources hydrocarbonées et fossiles qui assurent 80% des besoins énergétiques mondiaux, et des métaux et minéraux industriels dont les gisements se trouvent en grande partie hors d'Europe, le plus souvent dans des pays du Sud, en particulier en Afrique. Pour les matériaux pondéreux utilisés en construction et travaux publics, l'exploitation de proximité est souvent en compétition avec l'utilisation d'autres ressources.

La biosphère joue un rôle essentiel. Les forêts, sources de matériaux, de biomasse et d'énergie, constituent des espaces multifonctionnels pour la biodiversité, le stockage de carbone, la dynamique des ressources en eau et les activités récréatives. La biosphère est à la base de la chaîne alimentaire utile à l'homme, par des prélèvements directs, comme la ressource halieutique, ou par l'intermédiaire de l'agriculture, de l'élevage, de l'aquaculture. Les sols jouent un rôle fondamental dans les cycles biogéochimiques et conditionnent la capacité productive de l'agriculture. Encore mal connus dans leur constitution, leur

¹ Millenium Ecosystem Assessment-MEA

² Rees, 1992 ; Ecological Economics, 2000, vol.32

dynamique, ils sont fortement impactés par les activités humaines et sont menacés dans de nombreuses régions du globe. Les microorganismes interviennent dans les grands cycles biogéochimiques, le stockage de carbone ; leur rôle dans les « hotspots³ » de la biodiversité comme les récifs coralliens et les écosystèmes littoraux, reste largement à découvrir. Utilisés depuis des générations de façon empirique, ils fournissent des fonctionnalités biochimiques (macromolécules) et biologiques (gènes et ensembles de gènes) à la bioindustrie appliquée à l'agroalimentaire, à la santé, aux matériaux (hydrobiométabolisme), à la chimie, à l'environnement, à la dépollution etc. Les microorganismes extrémophiles de l'océan, des sols profonds et des milieux volcaniques, représentent une ressource pour l'identification de fonctions métaboliques nouvelles.

Les ressources naturelles vivantes produites par les écosystèmes contribuent directement à plus de 40% de l'économie mondiale. Elles sont menacées par une forte érosion de la biodiversité, due à l'action de l'homme et assimilée à une 6^{ème} extinction. Cette érosion induit des pertes à d'autres échelles : appauvrissement du patrimoine génétique des espèces survivantes, fragilisation des chaînes trophiques, pertes de fonctions essentielles à la pérennisation d'écosystèmes, pertes de services rendus par les écosystèmes. Les sociétés humaines doivent réagir car cette évolution menace les bases même de leur survie et de leur confort sur le long terme.

La recherche sur les ressources irrigue le développement économique, la compétitivité et les technologies au travers des industries lourdes et légères, des éco-industries et des services. Elle doit permettre à la France :

- d'assurer les approvisionnements stratégiques, et de préparer la transition entre une économie basée sur des ressources finies et une économie utilisant plus largement des ressources renouvelables ;
- de définir des politiques publiques pour surveiller et améliorer l'état de l'environnement, aménager le territoire et atténuer les effets du changement global, et anticiper les risques ;
- de jouer un rôle moteur dans les démarches pour la protection des biens publics mondiaux, pour une gestion durable des milieux et des ressources partagées comme l'eau, la mer et la pêche, au niveau local, européen, régional à l'échelle de bassins comme le bassin méditerranéen, ou mondial ;
- d'assumer les responsabilités liées à son espace maritime, le plus grand d'Europe et l'un des plus grands du monde, réparti dans les trois océans, et constituant une ressource riche voire unique en diversité géologique et biologique.

1.2 Composantes du défi

Le défi à relever est celui de notre capacité actuelle et future à répondre durablement aux besoins des sociétés humaines, en apportant les bases scientifiques et technologiques pour modifier en profondeur notre gestion des ressources connues et exploitées, identifier les vulnérabilités, et découvrir et exploiter de nouvelles ressources en réduisant l'empreinte écologique et en stimulant les processus de résilience. Tout en cherchant les complémentarités et les synergies, quatre volets scientifiques transversaux sont distingués :

- réaliser l'inventaire, la description et la caractérisation des ressources et de leurs usages, et développer les méthodes et les technologies nécessaires à un usage raisonné ;

³ Hotspot : zone géographique hébergeant une richesse biologique exceptionnelle

- comprendre la dynamique et les processus conditionnant la durabilité et la viabilité des milieux et des systèmes qui servent de support aux ressources, identifier leurs vulnérabilités et les processus de résilience, établir des indicateurs sensibles et robustes ;
- proposer des méthodes, technologies et organisations pour la gestion durable des ressources et accélérer la transition vers l'usage de ressources renouvelables ; cela inclut la surveillance, le partage aux niveaux local et régional entre usages domestiques et industriels, et entre les pays et les générations, et la diversification, ainsi que la récupération et le recyclage ;
- comprendre et répondre aux enjeux géopolitiques de l'accès aux ressources qui se posent en termes d'interdépendance, d'équité et d'optimisation des mécanismes de régulation et de gouvernance, en particulier par le droit des États et des entreprises, à toutes les échelles, et aux niveaux national et multinational.

2 LA SITUATION DE LA FRANCE SUR CE DEFI

2.1 La politique nationale

2.1.1 L'engagement budgétaire

Dans la nouvelle structuration du budget de l'Etat, le défi des ressources naturelles est soutenu principalement par cinq programmes de recherche de la MIRE (P187, P150, P172, P188 et P189) pour un montant total de subventions estimé à 700 M€

Le P187 porte les ambitions de recherche en gestion des milieux et des ressources. Il constitue une agrégation budgétaire de 6 opérateurs de recherche (INRA, IRD, CEMAGREF, CIRAD, IFREMER) représentant un effectif de 18 000 personnes, et reste à structurer comme un moteur d'orientation des recherches dans ce domaine.

Au sein des programmes P 172 (recherche pluridisciplinaire) et P150 (formations supérieures et recherches universitaires), l'écologie et la biodiversité sont principalement couvertes par l'institut de l'écologie et de l'environnement (INEE) du CNRS qui implique 3500 personnes, ainsi que par le MNHN. L'ANR a fortement soutenu la recherche dans le domaine de la biodiversité de 2005 à 2007, et inclus dans son nouveau cycle de programmation 2008-2011, plusieurs programmes concernant en partie les ressources naturelles.

Les ressources naturelles figurent également dans les programmes de recherche finalisés dans le domaine de l'énergie (P188), à travers l'IFP pour la diversification des réserves et à la sécurisation des approvisionnements en hydrocarbures, et dans le domaine des risques et pollutions (P189) pour des recherches conduites à l'INERIS ou coordonnées par le MEEDDAT.

2.1.2 L'organisation de la recherche

Si l'importance de la biodiversité a été reconnue bien plus tôt au Royaume-Uni et dans les pays du Nord de l'Europe, la progression récente en France résulte d'une prise de conscience de la portée scientifique des problématiques de l'écologie et de l'environnement. Cela s'est traduit par la création de l'IFB⁴, le soutien constant au GIP ECOFOR et la création en 2006 du département scientifique interdisciplinaire « environnement et développement durable » (EDD) du CNRS. Les organismes ont mis en place des programmes incitatifs tels que « Environnement, vie et société » du CNRS, ECOGER de l'INRA, le programme multi-

⁴ Groupement d'intérêt scientifique « Institut Français de la Biodiversité »

organismes « ECCO ». L'ANR a pris le relais et amplifié cette dynamique par des appels à projets nationaux sur la biodiversité, l'agriculture et le développement durable (ADD puis SYSTERRA), ECOTECH et CES (Contaminants écosystèmes santé).

Les recherches sur les différentes ressources sont conduites par des organismes spécialisés. L'écologie et la biodiversité occupent déjà une bonne place au niveau international mais restent en France des thématiques en émergence reconnues récemment, depuis 5 à 6 ans comme priorités par les organismes, universités et ministères de tutelle. Elles font l'objet d'efforts particuliers des organismes : le CNRS avec l'Institut Ecologie Environnement, les organismes finalisés et le MNHN.

La création de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) a permis de renforcer considérablement le soutien aux recherches dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques et leur coordination.

La relative dispersion des moyens peut s'illustrer par deux exemples, l'eau et les ressources minières. Dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques continentaux, la France compte près de 2700 « équivalents temps plein » (ETP) de personnels scientifiques et techniques répartis dans 78 organismes publics et universités, le plus souvent au sein d'unités de petite taille, auxquels s'ajoutent 800 ETP des laboratoires et centres privés. Alors que 5 organismes (CEMAGREF, CNRS, IRD, BRGM et INRA) regroupent la moitié des effectifs, il n'existe pas de pôle géographique majeur puisqu'aucune région ne concentre plus de 20 % des effectifs et il n'existe pas de pôle de compétitivité dédié à l'eau. Dans le domaine des ressources minières, il n'existe pas, actuellement, de lieu pour faire vivre la coordination des recherches entre le BRGM et l'IFREMER, l'IFP et le CEA en dehors du rôle joué par l'ADEME dans le secteur de l'énergie.

2.1.3 Les objectifs des politiques publiques

La Loi de programme pour la recherche du 18 avril 2006 a reconnu l'expertise comme une mission de la recherche publique. Cette réforme est particulièrement importante dans le domaine des ressources naturelles où la recherche et l'expertise constituent des appuis indispensables aux politiques publiques.

En termes de politiques publiques, le domaine des ressources naturelles s'inscrit dans la Stratégie nationale du développement durable, pour l'exploitation raisonnée des ressources pour l'agriculture et l'alimentation, les eaux et territoires, les sols, y compris par l'aide à la décision, l'appui aux politiques publiques. Préserver la biodiversité et les ressources naturelles constituait l'un des 6 thèmes du *Grenelle de l'environnement*. La France et l'Union européenne se sont engagées à mettre en œuvre un cadre institutionnel cohérent qui doit permettre d'enrayer la perte de biodiversité d'ici 2010. Cette initiative concerne également les ressources naturelles et contribue à fonder une solidarité environnementale à l'échelle mondiale. Les conclusions du *Grenelle de l'environnement* ont été traduites en objectifs pour la recherche par le comité opérationnel « COMOP recherche » qui a proposé un plan d'action comportant des opérations répondant au défi « Ressources naturelles ».

Plus récemment, la loi *Grenelle I* (art 19) affirme une ambition renforcée en matière de recherche, reprenant les propositions des comités opérationnels « eau » et « recherche » qui ont insisté sur l'importance de la R&D, notamment pour la synthèse et la diffusion des travaux existants, et demandé l'identification de lieux d'échanges et de pilotage de la R&D.

2.1.4 La politique communautaire

La politique européenne de recherche a inscrit les ressources naturelles principalement dans quatre axes du 7^{ème} PCRD (2007-2013) :

- l'axe « Environnement » dont les activités répondent aux besoins immédiats des politiques européennes pour la conservation et la gestion durable des ressources naturelles et anthropiques et la biodiversité, la gestion de l'environnement marin,
- l'axe 2 « Alimentation, agriculture, pêche et biotechnologies » par un volet sur la production et la gestion durables des ressources biologiques du sol, des forêts et de l'environnement aquatique,
- l'axe 8 « Sciences socio-économiques et humaines » qui s'intéresse à la dimension économique et sociale de la politique environnementale,
- l'axe 5 « Energie » tourné vers des systèmes énergétiques durables.

Ces axes sont complétés par des actions transversales, comme un appel à projets sur l'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie, et une priorité à la recherche marine.

La recherche a un travail important à réaliser pour développer l'ensemble des méthodes et techniques qui permettront d'atteindre les objectifs de bon état fixés dans les directives européennes pour l'environnement, en particulier par la directive cadre sur l'eau, la directive « Stratégie pour le milieu marin » adoptée en 2008, et dans les directives en cours d'élaboration concernant la protection des sols et les ressources minérales.

La recherche joue un rôle essentiel pour la construction de la politique maritime européenne intégrée, en particulier pour les orientations relatives à la préservation et l'utilisation durable des ressources. Pour répondre à ces enjeux, les organismes de recherche français s'impliquent fortement, chacun dans leur domaine, dans la construction de l'Espace européen de la recherche.

- Ils construisent, avec leurs partenaires européens, des réseaux d'excellence (MARINE GENOMICS, EuROCEANS, ESONET, MARBEF), et des initiatives de concertation comme le réseau PEER (Partnership for european environmental research) qui réunit 7 organismes de recherche en environnement totalisant un effectif de 4500 personnes et un budget de 340 millions d'Euros. La France est engagée dans de nombreux ERA-Nets (BIODIVERSA, MARINERA, AMPERA, MARIFISH, ARIMNET, IWRM.net) où la représentation opérationnelle est souvent confiée à des organismes et plus rarement à l'ANR. Les ERA-Nets produisent une bonne cartographie des compétences et des thématiques de recherche, mais ont souvent du mal à mobiliser des moyens nouveaux pour le lancement d'appels d'offres conjoints.
- Ils travaillent également à la mise en réseau d'infrastructures (ASSEMBLE, pour les ressources marines ; EUROFLEETS, pour la flotte de navires océanographiques ; ANAEE, pour les observatoires de l'environnement ; le réseau de stations marines EMBRC, inscrit dans la feuille de route ESFRI, rejoignant EUROARGO et EMSO pour les instrumentations marines).
- Ils participent au montage de plateformes technologiques européennes : Forest based sector, Water supply and sanitation, Mineral resources etc.

Cette implication se traduit par un taux de coordination de projets du PCRDT qui atteint 1,5%, pour les seuls opérateurs du programme 187, soit près de trois fois le taux de participation qui est de 0,6 %. La part des articles co-publiés avec un pays membre de l'Union européenne dépasse 23 %.

En termes de succès aux programmes du 7^{ème} PCRDT pour le seul thème de l'eau, les équipes françaises représentent en moyenne 5M€an sur 50 à 60M€ pour 2007 et 2008, taux équivalent au taux de succès moyen sur l'axe environnement (9 à 11% pour les 6^{ème} et 7^{ème}

PCRDT). Dans le domaine marin, les taux de succès de l'IFREMER se situent entre 60 % à la fin du 6^{ème} PCRD et 30 % pour la première année du 7^{ème} PCRD.

2.1.5 Politique internationale

La recherche alimente la coopération internationale, les engagements internationaux et la formation d'experts pour contribuer à l'élaboration de politiques internationales pour la gestion des biens publics mondiaux et contribuer à l'encadrement et la formation des opérateurs publics et économiques.

La France adhère aux grands objectifs mondiaux de protection des écosystèmes menacés et de gestion durable des ressources telles que les ressources halieutiques. Elle est partie prenante à plus de 500 conventions internationales et régionales. En particulier elle adhère aux Objectifs du Millénaire pour la gestion et la protection durable des ressources en eau dans les pays en voie de développement. Par le fait qu'elle possède la seconde zone économique exclusive au monde (200 milles marins au large des côtes⁵), avec plus de 11 millions de km² dont 90% se situent dans les domaines ultramarins, elle assume une grande responsabilité pour la gestion durable de cet espace, enjeu mondial tant par la biodiversité qu'elle héberge (récifs coralliens en particulier) que par les importantes réserves en ressources minérales qu'elle recèle.

Le respect de ces engagements nécessite d'établir de nouveaux concepts pour lesquels un important travail de recherche et développement et de consolidation des capacités reste un préalable nécessaire.

2.2 Les indicateurs bibliométriques et les brevets

Le défi mobilise de nombreuses disciplines scientifiques et concerne des domaines très divers qui sont eux-mêmes le résultat de l'intégration de différentes disciplines académiques. Il est donc difficile de procéder à une évaluation bibliographique précise de la production scientifique qui lui correspond. Faute de mieux nous tirerons quelques indications permettant d'illustrer des tendances fortes de l'analyse des publications scientifiques conduite par l'OST sur 6 spécialités qui concernent plus particulièrement les ressources naturelles parmi les 33 spécialités scientifiques du *Web of Science*.

Tableau 1

	PART MONDIALE (%)						INDICE D'IMPACT RELATIF					
	2007			Δ 2007/2001%			2007			Δ 2007/2001%		
	FR	ALL	UK	FR	ALL	UK	FR	ALL	UK	FR	ALL	UK
<i>Agriculture biologie végétale</i>	3,4	5,5	3,8	88	84	67	1,39	1,60	1,89	107	117	120
<i>Ecologie biologie marine</i>	3,3	3,8	5,7	79	93	79	1,11	1,24	1,38	111	111	103
<i>Agroalimentaire</i>	3,4	4,9	3,2	74	80	58	1,35	1,07	1,40	100	102	103
<i>Environnement</i>	3,4	4,1	5,2	94	81	70	0,96	1,10	1,18	113	95	102
<i>Geosciences</i>	5,4	5,9	7,1	89	94	86	1,07	1,24	1,20	105	107	97
<i>Génie civil,minier</i>	2,8	3,1	6,3	95	90	72	1,5	1,48	1,28	88	77	111
<i>Ressources naturelles (ensemble)</i>	3,8	4,7	5,3	85	87	75	1,18	1,31	1,37	105	107	103

Le tableau 1 montre que la France connaît une progression globale de l'indice d'impact relatif entre 2001 et 2007, à l'exception du génie minier où, malgré la baisse, l'impact relatif reste le plus fort.

⁵ Le principe de l'extension à 350 milles décidé au niveau international fait l'objet d'un processus de négociation en cours.

Le nombre de brevets déposés annuellement n'est pas significatif : s'il traduit bien le dynamisme de l'exploration pétrolière, il ne traduit que partiellement l'innovation concernant les ressources vivantes. En effet, l'expertise et l'appui aux politiques publiques constituent des vecteurs importants de valorisation des recherches et représentent une part significative de l'activité des personnels des organismes de recherche du programme 187 du budget de l'Etat (P187) (6% de l'ensemble) et des moyens humains du CNRS et des Universités consacrés à ce domaine.

2.3 Eléments de prospective

L'orientation et la structuration de la recherche devront prendre en compte quatre évolutions majeures du contexte.

- La course au développement et à l'avance technologique et la montée en puissance des pays émergents intensifient les rapports de force géopolitiques et induisent des pressions grandissantes sur les ressources rares avec des conséquences sur les prix de l'énergie et des matières premières. Il en résulte des cascades de raretés et des phénomènes de substitution entre ressources et de bulles spéculatives dont les conséquences en matière d'empreinte écologique sont encore difficiles à prévoir. Il y a urgence à comprendre et modéliser ces phénomènes pour les anticiper. Ce contexte constitue d'ailleurs une opportunité à saisir pour élaborer des programmes pluridisciplinaires avec les pays émergents.
- Les organisations non gouvernementales jouent un rôle de plus en plus important dans l'expression des demandes sociales en matière de gestion durable des ressources, et revendiquent un rôle d'acteurs dans la définition des priorités de recherche, le partage des savoirs et la mobilisation des connaissances pour l'expertise et pour l'action.
- Des évolutions de la gouvernance peuvent résulter de l'urgence de situations de crise engendrées par des conflits sur les accès aux ressources, ou de pressions sociales et réglementaires pour la mise en œuvre de régulations de l'usage des ressources, ou encore de la puissance grandissante de groupes multinationaux intégrés induisant des déséquilibres avec les Etats des pays du Sud. Ces évolutions rendent nécessaire une organisation intégrée des recherches en coopération avec celles pour le développement, et un renforcement des aspects socio-économiques et politiques.
- Les sociétés humaines et les entreprises prennent conscience de la rareté de certaines ressources, des enjeux de la biodiversité et de l'importance de protéger le capital environnemental, au même titre que le capital humain et social.

Ces quatre facteurs génèrent une demande forte en matière de recherche, des sollicitations multiples pour les équipes de recherche en termes de production et de partage de connaissances, de demandes d'expertises et de tensions fortes sur l'allocation des moyens et les délais pour apporter des réponses. Ainsi la seule définition du bon état de l'environnement des masses d'eau françaises requise par la directive cadre sur l'eau nécessite l'équivalent de 7 années complètes d'utilisation d'un navire océanographique.

On peut donc s'attendre à un fort développement, à l'échelle mondiale, de la recherche exploratoire et technologique pour la valorisation des ressources géologiques profondes (eau, énergie, minéraux), des ressources marines et de la biodiversité fonctionnelle. En effet, la terre solide n'a été pénétrée que de manière superficielle, de l'ordre du kilomètre, et l'océan reste encore difficile d'accès et largement méconnu. La partie connue de la biodiversité terrestre est de 10 % et tombe à 5 % pour la vie microbienne et le monde marin qui représentent la majeure partie de la biodiversité de la planète (on découvre 1000 à 2000 espèces marines nouvelles chaque année). Un effort particulier devra être fait pour mieux

connaître la biodiversité des micros invertébrés et des microorganismes dans différents milieux ainsi que leur rôle dans le fonctionnement des écosystèmes. Les invasions et les pullulations constituent des atteintes graves à la biodiversité fonctionnelle et au bien-être des populations. La mondialisation des échanges et les changements globaux conduisent à un renforcement de ces phénomènes qui méritent une attention particulière pour les anticiper et les gérer.

2.4 Forces et faiblesses de la France

Chaque type de ressource est bien pris en compte au niveau national au sein d'un ou de plusieurs organismes spécialisés de recherche finalisée bien insérés, chacun dans son domaine, dans des réseaux nationaux et internationaux avec la recherche multidisciplinaire et universitaire, les entreprises et les organisations non gouvernementales. Toutefois leur situation respective est contrastée et l'ensemble du domaine présente une mosaïque de forces et de faiblesses, de menaces et d'opportunités à saisir.

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • des compétences reconnues et leadership dans plusieurs champs disciplinaires (géologie des hydrocarbures, prospection des ressources en eau et en hydrocarbures, de l'hydrogène sous-marin; écologie ; microbiologie des extrémophiles) ; • des communautés scientifiques organisées sur la biodiversité et les ressources génétiques ; • des organismes recherche finalisée bien intégrés avec les acteurs de terrain privés ou publics (recherche-action, élaboration d'indicateurs pour les politiques publiques) • des formations d'ingénieurs (réseau de 600 000 ingénieurs dans les entreprises internationales) ; • développement et disponibilité de moyens techniques performants pour l'exploration et l'exploitation marines et sous-marines ; • bon partenariat international dans certains domaines (mines, biologie marine, chimie des substances naturelles, eau, biodiversité) ; • coordination par la France de plusieurs ERA-Nets ayant vocation à devenir des ERA-Nets « chapeau » (eau, marin, biodiversité). 	<ul style="list-style-type: none"> • fragmentation des recherches par type de ressources ; • malgré une très bonne qualité des publications en écologie, ce domaine reste quantitativement faible en France ; • manque d'interdisciplinarité avec les mathématiques (modélisation) et les sciences humaines et sociales (sociologie, gouvernance et politique publique, économie des ressources, monétarisation, compensation) ; • quelques domaines importants insuffisamment couverts : écotoxicologie, systématique et taxonomie, biologie des sols, connaissance des habitats marins ; • manque d'approche européenne et internationale des ressources minérales.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • la feuille de route des très grandes infrastructures de recherche prévoit de structurer les dispositifs d'observation et d'expérimentation pour la recherche en environnement ; • valoriser pour la recherche les données issues de systèmes d'information nationaux sur la nature et les paysages (SINP), l'eau et les milieux marins ; • la valorisation de la microbiologie des extrémophiles pour le traitement de minerais, la 	<ul style="list-style-type: none"> • quelques domaines stratégiques insuffisamment couverts : écotoxicologie, systématique et taxonomie, biologie des sols, connaissance des habitats et des biocénoses marins (y compris la bathymétrie) ; • dépendance pour l'approvisionnement en ressources minières stratégiques (à l'exception du nickel) ; • retard dans les technologies minières durables ;

<p>dépollution, les biomatériaux ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • la prise en compte de la biodiversité dans les stratégies d'entreprises et dans les systèmes agricoles; • organisation du dialogue entre recherche publique et acteurs privés (par la FRB pour la biodiversité) ; • le rôle leader de la France dans la mise en place de la plate-forme intergouvernementale d'expertise sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). 	<ul style="list-style-type: none"> • absence de statut juridique des ressources génétiques ; • déficit d'élaboration du consensus national dans la concurrence entre ressources ; • accès insuffisant à une connaissance partagée des ressources minérales et énergétiques au niveau planétaire ; • déficit d'innovation lié à un investissement insuffisant des grands acteurs industriels français dans la recherche développement ; • insuffisance des capacités de formation à la gouvernance des ressources minérales dans les pays du Sud.
---	---

3 L'ANALYSE STRATEGIQUE

3.1 La problématique stratégique sur le défi

L'identification d'un défi « Ressources Naturelles » dans l'exercice d'élaboration de la stratégie nationale de recherche et d'innovation (SNRI) constitue en elle-même une évolution importante. La particularité de ce défi est de réunir dans une même réflexion des communautés scientifiques distinctes traitant de ressources différentes (mines, hydrocarbures, eau, biodiversité etc.) et développant des usages parfois concurrents (énergie, matériaux, alimentation, services écosystémiques etc.).

En effet, chaque type de ressource fait l'objet, au niveau national, de programmes de recherches de bonne qualité. Cependant, la fragmentation entre les différentes approches ne permet pas d'aborder de façon suffisamment coordonnée et performante les questions de compétition, de conflits d'usages ou de substitution entre ressources.

L'enjeu est d'assurer la continuité entre recherches cognitives et recherches finalisées et de dégager des orientations communes applicables aux différents types de ressources et conduire les opérateurs à se les approprier. Pour cela **quatre objectifs stratégiques** apparaissent prioritaires :

- promouvoir une approche systémique incluant les sciences humaines et sociales, et développer les concepts de vulnérabilité et de résilience face au changement global, aux pressions anthropiques et aux risques naturels et accidentels ;
- développer les technologies et les organisations pour l'exploitation raisonnée des ressources épuisables en limitant les effets indésirables (exemple du nickel : cf encadré)
- produire les connaissances nécessaires à la transition vers l'usage de ressources renouvelables (exemple de la chimie du carbone renouvelable, cf encadré) ;
- étudier et proposer des modèles de gouvernance internationale intégrant la notion de bien public mondial, et en mesure de réguler les phénomènes des bulles spéculatives.

Les principaux leviers d'action envisagés consistent à :

- coordonner les acteurs de la recherche, publics et privés ;
- renforcer la concertation entre acteurs de la recherche et porteurs d'enjeux ;
- construire les compétences ;

- mobiliser les infrastructures et assurer leur exploitation sur un pas de temps long ;
- construire des partenariats européens durables, en particulier dans le domaine de la mer et celui de la biodiversité en général, qui bénéficient d'une stratégie européenne.

En ce qui concerne la recherche sur la biodiversité, le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche pilote le plan d'action recherche de la Stratégie nationale de la biodiversité, qui permet de regrouper les mesures prioritaires et d'impulser les grandes orientations sur un rythme biennal.

L'articulation entre le domaine des ressources naturelles et les autres thématiques de la SNRI doit être renforcée afin de soutenir la construction de compétences, développer les infrastructures d'observations et d'expérimentation, mobiliser les sciences de l'homme et de la société (SHS) et les structurer. Les SHS devront être impliquées précocement dans la définition et la réalisation des programmes de recherche, pour expliciter les besoins et objectifs des porteurs d'enjeux. Elles contribueront à renforcer l'économie du développement, les sciences politiques et à coordonner les recherches sur les volets géopolitiques des ressources rares, et sur la monétarisation des écosystèmes.

Il convient par ailleurs dans ce domaine qui représente plus de 700 M€^{an} de moyens publics de recherche, de mettre en œuvre les redéploiements conformément aux recommandations du *Grenelle de l'environnement*. Il est proposé de changer d'échelle dans les moyens d'observation, et de considérer l'enjeu des ressources planétaires à l'échelle de ce que les physiciens et les astronomes sont capables de mobiliser pour des outils collectifs de grande ampleur, pour fournir des données de grande qualité, indispensables à l'analyse des conséquences sur les populations humaines du réchauffement climatique, de l'épuisement des ressources minérales et fossiles et de l'érosion de la biodiversité.

3.2 Les orientations stratégiques

3.2.1 Evolutions de la politique et des moyens

- **Favoriser l'intégration des connaissances pour une approche globale de la gestion des ressources naturelles**

Cette orientation vise l'intégration des connaissances sur les ressources et leurs usages. Elle devra conduire à disposer des données géologiques, géographiques, biologiques, économiques et sociales nécessaires à la construction d'une approche globale.

Améliorer la qualité et la disponibilité des données

Selon le type de ressources, il s'agit d'optimiser et automatiser la collecte, l'archivage et la mise à disposition des données, de structurer et mutualiser, de garantir l'interopérabilité par grand domaine, ou encore de mettre en place des systèmes de collecte, d'analyse et de production de connaissance « à haut débit ». Un effort particulier sera à mener pour restructurer et informatiser les collections naturalistes, les lithothèques et les carothèques.

Cette recommandation est à accompagner de développements technologiques et méthodologiques pour la collecte d'informations sur les milieux et l'environnement de façon non intrusive.

Mettre en réseau les différents systèmes d'observation et assurer leur pérennité

En matière de ressources vivantes, la priorité consiste à **organiser un réseau national d'observatoires de recherche dédiés à la dynamique de la biodiversité et mettre en place un système d'évaluation des dispositifs d'observation et du réseau.**

Ce réseau devra intégrer progressivement le réseau d'observatoires multidisciplinaires sur les différentes composantes de l'environnement (SOERE⁶) structuré dans le cadre du défi « Sciences de l'environnement » et la feuille de route des TGIR (très grandes infrastructures de recherche), et s'articuler avec le réseau d'observatoires du défi sociétal « qualité de la vie ».

Il les enrichira avec des outils décrivant la dynamique de la biodiversité (écotrons, mésocosmes, sites expérimentaux *in natura*, jusqu'aux zones ateliers et observatoires homme-milieu). Il devra être renforcé pour assurer une densité d'information suffisante pour coupler les phénomènes sur le temps court et les phénomènes sur le temps long, pour approfondir la connaissance des processus et les stratégies d'échantillonnage

Il devra assurer l'intégration des données au niveau européen dans LIFE WATCH et au niveau mondial dans le réseau GEO BON⁷.

Il devra susciter des recherches sur les indicateurs. Il sera constitué en trois phases : définition des concepts et du cahier des charges, plan de mise en œuvre, premières étapes.

Systématiser l'accompagnement des stratégies d'utilisation des ressources par des programmes de recherche visant à évaluer les impacts.

Il conviendra également de renforcer les synergies entre l'observation pour la recherche et l'observation opérationnelle pour la surveillance et l'alerte sur les risques. Le SINP (système d'information sur la nature et les paysages) devra être articulé avec les observatoires de la biodiversité et le suivi des ressources géologiques. La méthodologie de l'analyse des cycles de vie devra être généralisée pour apporter l'expertise nécessaire aux acteurs industriels.

• Renforcer le rôle intégrateur de la recherche finalisée par un pilotage structuré

Il est nécessaire de constituer un cadre structuré de réflexion et de coordination pour la recherche finalisée dans le domaine de la gestion des milieux et des ressources, dans le prolongement des recommandations de la Stratégie nationale du développement durable. Ce cadre devra s'appuyer sur l'animation et l'articulation des programmes de la LOLF concernés par les ressources naturelles et devra contribuer à :

- clarifier les objectifs, finalités actions du P187 et articuler avec ceux des programmes P188 et P189 et P 142. Il s'agit de :

- mutualiser des actions spécifiques inter-organismes, telles que la consultation des porteurs d'enjeux, la veille stratégique, la coopération avec les pays du Sud ;
- clarifier et renforcer les synergies de la recherche et des activités de surveillance ;
- faire reconnaître la spécificité de la recherche finalisée au regard des critères et modes d'évaluation de la recherche ;
- élaborer des indicateurs bibliométriques et des indicateurs d'efficacité et d'efficience mieux ciblés sur les différents domaines concernés par ces programmes.

⁶ Système national d'observation et d'expérimentation pour la recherche en environnement, inscrit dans la feuille de route TGIR

⁷ Groupe d'observation de la terre – Réseau d'observation de la biodiversité (*Group on Earth Observation – Biodiversity Observation Network*)

- structurer la coordination entre la recherche finalisée des P187, P188 et P189 et la recherche cognitive multidisciplinaire (P172) et universitaire (P150)

Le renforcement des partenariats avec l'enseignement supérieur contribuera à répondre aux besoins de formation du domaine et permettra de mutualiser la formalisation des principes, méthodes et processus de l'expertise en matière de ressources naturelles, pour répondre de façon plus efficace aux besoins des politiques publiques et des entreprises et définir de façon concertée les objectifs de présence dans les commissions scientifiques internationales.

- développer le partenariat public-privé à travers des pôles de transfert en incubation dans des unités de type 'équipes de recherche technologique' mixtes.

• Renforcer le rôle de la FRB (Fondation pour la recherche sur la biodiversité) pour la recherche, l'expertise et la formation dans le domaine de la biodiversité

Sur le plan des ressources vivantes, les opérateurs du P187 ont à se coordonner avec l'Institut INEE du CNRS et avec le Muséum national d'histoire naturelle. La FRB regroupe ces 8 acteurs de la recherche, et ses statuts lui confèrent ce rôle de coordination. La FRB sera amenée à jouer un rôle important :

- pour la formation, l'information, l'expertise, les partenariats entre organismes et universités, la construction de compétences pour la caractérisation et la modélisation de la dynamique des ressources naturelles ;
- pour l'organisation et l'évaluation des réseaux d'observatoires de recherche sur biodiversité ;
- comme acteur central pour le projet de plateforme scientifique intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques portée par la France (IPBES) : la FRB aura à faire vivre cette plateforme et entretenir le vivier national d'experts ;
- pour renforcer le partenariat public-privé en valorisant le dispositif mis en place avec un conseil d'orientation stratégique constitué des parties prenantes, en exploitant la possibilité pour ces dernières de contracter avec la FRB pour des études d'intérêt commun.

• Coordonner et renforcer l'effort global consacré aux recherches marines

Il s'agit de répondre aux enjeux scientifiques, environnementaux, économiques et technologiques et à ce que représente la mer tant pour la préservation des écosystèmes littoraux que le développement des régions Outre-mer et des pays du Sud et permettre à la France de jouer un rôle moteur dans politique maritime intégrée européenne, la gestion des biens publics mondiaux et le développement des ressources sous-marines et des ressources renouvelables comme les énergies marines.

Les besoins de coordination concernent l'approche écosystémique de la gestion des ressources halieutiques et aquacoles, le développement des moyens d'observation de l'environnement et de la biodiversité et l'articulation entre recherche et réseaux de surveillance.

Il convient de renforcer et d'assurer le pilotage stratégique de la flotte de moyens navals de recherche océanographique (navires, engins sous-marins), inscrite dans la feuille de route des très grandes infrastructures afin :

- de constituer une réelle unité de décision pour l'évaluation scientifique des campagnes de recherche océanographique, leur programmation et leur financement ;
- d'assurer l'équilibre et la continuité des missions hauturières et côtières ;
- d'assurer une articulation et une complémentarité avec les autres moyens d'observation : satellites, forages profonds, réseaux de capteurs (bouées, profileurs etc.) et réseaux de surveillance et de prévision opérationnels.

3.2.2 Inscrire la stratégie nationale dans le cadre de l'Espace européen de la recherche

Afin de faire mieux à ressources constantes, trois orientations sont proposées.

- **Promouvoir la programmation conjointe et la mobilité des chercheurs**

Dans le but de préparer une programmation conjointe entre Etats membres, telle qu'elle a été définie lors du conseil européen de décembre 2008 (cf chapitre espace européen de la recherche), il s'agit de définir des orientations prioritaires que les agences et organismes traduiront en programmes de recherche. Dans le domaine des ressources naturelles concernant de nombreux secteurs économiques, la préparation de la position française nécessitera un important travail de concertation interministérielle.

Il est proposé dans un premier temps d'expérimenter une démarche de programmation conjointe dans le domaine marin et dans le domaine de l'eau en appuyant les projets d'ERA-Nets « chapeau » réunissant les ERA-Nets existants, respectivement MARINERA, MARIFISH, AMPERA, et CRUE, IWRM, SNOWMAN.

Il est également proposé de s'appuyer sur la stratégie nationale de recherche en biodiversité et sur l'ERA-Net BiodivERsa pour impulser une stratégie européenne de recherche en biodiversité qui pourra déboucher sur une programmation conjointe.

- **Promouvoir les initiatives technologiques conjointes à partir des plateformes technologiques existantes**

Cette orientation vise à mettre en synergie des moyens publics communautaires et des moyens privés pour mener des recherches génériques intéressant les industriels. Elle concerne en particulier 3 domaines où les entreprises françaises sont importantes et organisées et très impliquées dans les plateformes technologiques européennes :

- eau – assainissement (WSSTP *Water supply and sanitation technology platform*) ;
- forêt – bois – papier (FTP : *Forest based technology platform*);
- ressources minérales durables (SMR : *Sustainable mineral resources*).

Il convient d'établir un relais efficace entre la stratégie nationale de recherche et d'innovation et les agendas de recherche des plateformes, par exemple en constituant des plateformes nationales pour porter la position française, à l'image de la plateforme française forêt-bois-papier, et en accompagnant par une représentation ministérielle coordonnée dans chaque plateforme.

- **Coordonner au niveau européen les grandes infrastructures de recherche pérennes**

Il s'agit d'articuler les initiatives nationales avec les infrastructures européennes (ESFRI ; Lifewatch) et mondiales similaires (GEO BON / GBIF). Il est nécessaire d'élaborer un modèle économique du financement des infrastructures distribuées (réseaux d'installations fixes et mobiles, flottes) et de progresser vers une coordination des observatoires, des bases de données et opérations de recherche à l'échelle européenne.

ENCADRES

Exemple de la chimie verte

La chimie du carbone issu de la photosynthèse par les plantes ou les microalgues répond à différents objectifs de durabilité. Remplacer tout ou partie du carbone fossile par du carbone renouvelable permettra d'anticiper l'épuisement des ressources fossiles et de réduire les émissions de GES. S'appuyant sur les percées des nanotechnologies et de la biologie synthétique, les biotechnologies blanches et vertes représentent des opportunités de créer des ruptures technologiques sur des fonctions d'usages en masse comme les polymères et autres matériaux, les lubrifiants, les détergents, les agro- ou algo-carburants etc.

La combinaison des voies de biosynthèse à partir de l'énergie solaire, et des biotechnologies à base d'enzymes et de microorganismes rendus plus performants est une clé de cette ouverture.

Ces innovations devront être confrontées aux attentes des consommateurs et des citoyens, qui permettront de transformer les inventions en innovations. Le succès d'une application peut en effet entraîner des tensions dans les équilibres entre finalités alimentaires et chimie verte au niveau de l'usage des espaces cultivables, des sols et des biomasses récoltées. Les Sciences humaines et sociales auront un grand rôle à jouer pour accompagner les changements de pratiques dans le sens de la viabilité économique et de la durabilité jusqu'au traitement final des déchets.

Exemple du GIP CNRT Nickel en Nouvelle Calédonie

(<http://www.cnrt.nc/>)

La Nouvelle Calédonie, 4ème producteur mondial de nickel, dispose du quart des réserves mondiales. Une forte demande résultant de l'utilisation de ce métal dans la composition des alliages spéciaux l'a conduit à lancer trois nouveaux projets d'usines métallurgiques devant tripler sa production totale à l'horizon 2012.

Le Groupement d'intérêt public (GIP) CNRT Nickel a été créé en 2008 pour accompagner ce développement. Il associe dans une structure unique les autorités publiques (Etat français, Nouvelle Calédonie et ses trois provinces), les organismes de recherche et les professionnels des secteurs miniers et métallurgiques. Il met en commun des moyens pour mener des programmes de recherches et de développement technologique au profit de la Nouvelle Calédonie pour améliorer les connaissances scientifiques sur l'impact des activités minières et métallurgiques sur les populations, sur l'environnement naturel des massifs miniers, et sur l'économie du nickel selon trois axes :

- nickel et société : santé (toxicité des poussières de l'activité minière, toxicité du nickel, fibres minérales de type amiante dans les massifs miniers), gouvernance et développement (gouvernance locale et enjeux miniers en NC) ;
- nickel et technologie : cartographie du régolite (télé-détection hyper-spectrale aéroportée, radiométrie), minerai latéritique, facteurs de minéralisation des latérites, rhéologie des minerais, mesure in situ des teneurs), technologies de la restauration ;
- nickel et environnement : écomine (dynamique des écosystèmes sur sols miniers et technologies de la restauration), fonctionnement des petits bassins versants miniers, état des lieux et suivi de l'impact de l'activité minière sur les milieux naturels.

