

Stratégie nationale de recherche et d'innovation





Stratégie nationale de recherche et d'innovation

2009

Rapport général

A l'orée du XXI^e siècle, notre société est confrontée à des défis nouveaux et urgents. La recherche et l'innovation sont les premières des clés pour sortir de la crise économique que nous traversons. La compétition exacerbée et l'arrivée sur la scène de nouveaux acteurs mondiaux nous y contraignent : investir dans l'avenir, c'est miser maintenant sur la recherche et l'innovation.

Ainsi **la révolution verte** est-elle désormais plus qu'une ardente obligation : l'urgence environnementale est là, les conséquences du changement climatique sont à présent visibles. Notre modèle de croissance est à réinventer et nous n'y arriverons qu'en misant sur les technologies vertes et les énergies propres. C'est donc une transformation complète de nos modes de vies qu'il faut engager aujourd'hui. Le monde de demain reste aujourd'hui à imaginer, où le brouhaha incessant de nos villes se sera tu, où la pollution sera maîtrisée et la biodiversité restaurée, où les produits seront suivis pendant tout leur cycle de vie depuis leur conception jusqu'à leur recyclage, où la moindre dépendance de la croissance et de l'emploi aux matières premières non renouvelables aura réduit les tensions géopolitiques qui s'exercent pour leur maîtrise.

Ainsi **la révolution des technologies de l'information** est-elle devenue une réalité. Elle transforme déjà notre vie quotidienne. Demain, les technologies numériques seront la source de notre croissance : partout dans le monde, la course à l'innovation est lancée. Nous sommes déjà en contact permanent avec nos proches et avec l'actualité grâce à nos téléphones portables. Demain, notre réfrigérateur nous transmettra automatiquement notre liste de course, les systèmes d'alarme nous alerteront de la chute d'un parent âgé dans son salon, ou encore le diabétique pour suivre en temps réel la composition de son sang. Demain, les nanotechnologies prendront une part majeure dans la valeur ajoutée des pays industrialisés qui auront su saisir leur chance. Demain, comme aujourd'hui, l'appropriation intelligente des TIC par les entreprises de toutes tailles, fonctionnant en réseaux, sera la condition de leur compétitivité, et donc de la création d'emplois pérennes à forte valeur ajoutée. Dans cette course à la technologie, nous devons rester dans le peloton de tête. Nous devons aussi défendre une vision de ses usages responsables qui nous est propre, depuis la première loi « Informatique et libertés » en 1978, jusqu'à une régulation mondiale équilibrée d'Internet qui est aujourd'hui nécessaire pour assurer la liberté de tous, et dont le rapport de juillet 2009 sur l'économie numérique à horizon 2025 trace des pistes.

Ainsi le **vieillissement de la population nationale et des pays de l'OCDE, et son accroissement mondial**, sont-ils des tendances lourdes. Pour chaque individu, il s'agit pour le premier d'un progrès majeur – dû à la médecine, la pharmacologie, l'alimentation, la gestion de l'économie, la prévention des risques – à la condition que la qualité de vie ne soit pas la première victime de l'allongement de la durée de nos existences. Pour la médecine et les biotechnologies, il s'agit d'un défi majeur : de nouvelles pathologies vont prendre leur essor, à l'instar des maladies neuro-dégénératives. Il nous faut mieux les connaître pour mieux les soigner. Nous avons toutes les raisons d'être optimistes : les biotechnologies sont à l'aube d'une nouvelle révolution. Elles nous permettront de dépister les cancers en amont de l'apparition des tumeurs palpables, de développer une agriculture qui soit tout à la fois respectueuse de l'environnement et capable de répondre aux besoins alimentaires d'une population mondiale qui devrait s'accroître de près de 2,5 Mds d'habitants d'ici 2050, dont un milliard de plus de 60 ans.

Ces défis sont immenses, mais leur existence ne fait désormais plus aucun débat. Le temps est venu de les relever et de **jouer notre atout maître** : la recherche et l'innovation. Car c'est d'elles que viendront les solutions : comment répondre à l'urgence écologique sans mettre concrètement l'innovation au service de la croissance verte que chacun appelle de ses vœux ? Comment être au rendez-vous du numérique sans repenser les liens du matériel et du logiciel ? Comment réagir au vieillissement sans étudier la maladie d'Alzheimer et sans développer de nouvelles solutions d'aide à l'autonomie ?

*

Ma conviction, partagée par l'ensemble du Gouvernement, est donc simple : **la recherche et l'innovation ne sont pas des solutions d'avenir parmi d'autres**. Ce sont les principaux et même parfois les seuls outils dont nos sociétés disposent pour construire le monde de demain : c'est donc sur la recherche et l'innovation que nous devons compter, c'est autour d'elles que la nation doit se rassembler.

Pour que le progrès scientifique ne soit pas séparé du progrès social, il faut en effet que les découvertes fondamentales soient transformées en innovations technologiques ou appliquées. Mais cela ne suffit pas : il faut également que la société soit prête à accueillir le progrès scientifique et technique et qu'un dialogue permanent s'instaure entre les citoyens et les scientifiques. La société aussi doit contribuer aux innovations, dont beaucoup, et parmi les plus importantes, sont loin de n'être que technologiques.

C'est pourquoi j'ai souhaité que notre pays se donne **une stratégie nationale de recherche et d'innovation** construite autour de quatre piliers fondateurs :

- il s'agit d'abord d'une **stratégie** fondée sur l'analyse des grands défis de demain, qui sont autant de priorités pour la recherche française ;
- c'est une stratégie véritablement **nationale** : ses priorités seront donc définies à partir des besoins cardinaux de la Nation, pour réaffirmer la valeur sociale de la recherche et de l'innovation, et renouer le dialogue entre science et société ;
- elle est d'abord tournée vers la **recherche** : les priorités qu'elle fixe auront donc toute leur place dans la programmation des organismes de recherche, qui feront vivre cette stratégie ;
- elle doit permettre de transformer la recherche en **innovation**, en renforçant le *continuum* interactif entre recherche et besoins marchands et sociétaux, qui conduit à une dynamique permanente entre les découvertes fondamentales et leurs applications technologiques, ainsi que leur diffusion au sein de nos universités et grandes écoles.

L'innovation ne dérive pas spontanément, ni nécessairement, de l'avancée de la recherche fondamentale. Elle ne relève pas non plus d'une autre compétence que celle des chercheurs eux-mêmes. Ceux-ci doivent être formés et incités (y compris en termes de rétribution économique) à contribuer eux-mêmes, sans que cela dénature en rien leur activité de production de connaissance, à établir le lien qu'il faut faire exister entre leurs travaux, la réponse aux attentes et besoins de la société, et le renforcement compétitif de notre économie. L'interpénétration et la fécondation mutuelle de la culture de la connaissance et de la culture de l'innovation technologique, mais aussi sociale et culturelle, est une clé de la performance du système économique : le but de la SNRI est de dessiner le cadre global de ces échanges pour les quatre années qui viennent, tout en intégrant des perspectives longues.

Au cœur de la stratégie nationale de recherche et d'innovation, il y a donc une ambition : **remettre la recherche et l'innovation au cœur de la société et de l'économie françaises.**

L'élaboration même de cette stratégie se devait de donner le ton. Aussi est-elle le fruit d'une **large concertation** qui a réuni acteurs de la recherche académique et privée, milieux associatifs, parlementaires et représentants de chacun des ministères concernés. C'est donc la nation tout entière qui a tracé cette feuille de route du Gouvernement en matière de recherche et d'innovation qui guidera demain l'action des chercheurs publics et éclairera celle des chercheurs privés.

Nous disposons désormais d'un **diagnostic partagé** de la place de la recherche française dans le monde, de ses forces et de ses faiblesses comme des besoins et des attentes de l'ensemble de notre société. **Grâce à cette vision commune, nous pourrions construire une action coordonnée pour répondre aux grands défis de notre temps.**

Après le Pacte pour la recherche de 2006 et la loi relative aux libertés et aux responsabilités des universités de 2007, toutes les conditions sont désormais réunies pour faire émerger en France cette société de la connaissance que tous les Européens appellent de leurs vœux depuis le conseil européen de Lisbonne en mars 2000.

C'est désormais vers nos chercheurs et leurs équipes, ingénieurs et techniciens, que nos regards se tournent avec confiance. Au travers de la SNRI, c'est toute la société française qui leur adresse un message clair : **nous savons que notre avenir dépend de vous et nous serons à vos côtés pour construire la France de demain.**

Valérie PECRESSE

3	Préface
7	Résumé
11	Introduction
19	Pour un système de recherche et d'innovation performant

Les axes prioritaires

29	La santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies
33	L'urgence environnementale et les écotechnologies
37	L'information, la communication et les nanotechnologies

Pendant six mois, 600 personnalités issues de la recherche académique, des entreprises petites et grandes, et du monde associatif ont porté leurs réflexions sur les grandes priorités de la France en matière de recherche et d'innovation. Ces priorités ont été définies au vu des défis scientifiques posés par les chercheurs eux-mêmes, des enjeux auxquels la société dans son ensemble est confrontée, et des opportunités de développement économique de nos territoires.

*

L'exercice a permis de définir cinq principes directeurs et trois axes prioritaires de recherche. Totalement insérée dans **un système mondial** de compétition et de collaboration, la recherche française doit répondre, **dans un cadre européen**, aux principes suivants :

- **la recherche fondamentale** est indispensable à toute société de la connaissance. Elle doit être promue dans toutes ses dimensions, en particulier dans le cadre des très grandes infrastructures de recherche. C'est un choix politique ;
- **une recherche ouverte à la société et à l'économie** est le gage de la croissance et de l'emploi. **L'impératif de compétitivité** qui s'impose à notre pays implique de rénover, dans le sens d'une confiance et d'une coopération accrue, le lien entre les institutions publiques de recherche et les entreprises, sur des objectifs concrets, à moyen et long terme. Cette vision globale implique de promouvoir une **société innovante**, dans laquelle l'innovation est non seulement acceptée, mais générée et portée par la communauté des citoyens ;
- **une meilleure maîtrise des risques et un renforcement de la sécurité** sont particulièrement importants dans notre société ; ils doivent donc être des dimensions privilégiées de l'innovation, sociale et culturelle autant que technologique ;
- **les sciences humaines et sociales** doivent avoir un rôle majeur au sein de tous les axes prioritaires ; elles participent notamment à la construction des interfaces interdisciplinaires dans tous les domaines clés ;
- **la pluridisciplinarité** est indispensable pour permettre les approches les plus innovantes et les plus adaptées aux enjeux de notre société.

Les organismes de recherche et les universités doivent aussi davantage collaborer avec les entreprises, et plus particulièrement avec les PME, aussi bien dans des pôles régionaux qu'au niveau national créant ainsi un **écosystème favorable pour l'innovation** et compétitif au niveau européen et mondial.

Les enjeux d'acceptabilité des nouvelles technologies doivent également faire l'objet d'une attention particulière, notamment en termes d'impact environnemental et d'éthique. A ce titre, il conviendra de renforcer la collaboration entre les acteurs de la recherche et les représentants de la société civile et de développer les **efforts de communication, de formation et de diffusion** des connaissances scientifiques à destination de l'ensemble des citoyens.

La présente stratégie nationale de recherche et d'innovation retient trois axes de développement prioritaires, parfaitement compatibles avec le soutien maintenu aux domaines de recherche dans lesquels la France a une position forte. Ils ont en commun de répondre à des enjeux de société bien identifiés, de correspondre à des domaines économiques émergents et à forte innovation, et de nécessiter des recherches pluridisciplinaires sur lesquelles la France peut mobiliser un ensemble de chercheurs de premier plan.

Axe prioritaire n°1 : la santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies

La demande de la société en matière de recherche sur la santé est croissante et ces domaines sont porteurs de nombreuses opportunités de développement économique pour les entreprises françaises, aussi bien dans le secteur pharmaceutique que pour les nouvelles technologies de la santé. Ce domaine de recherche est donc la première priorité, organisée notamment autour des grands objectifs suivants :

- **caractériser le vivant** du génome à l'écosystème, pour faire progresser notre connaissance de sa complexité, en particulier :
 - suivre des **cohortes**, observatoire sur le long terme de la population pour mieux comprendre les enjeux de santé publique ;
 - développer la **modélisation du vivant** pour aller vers la simulation et la prédiction ;
- miser sur les enjeux les plus importants de santé publique :
 - comprendre et inventer des thérapies pour **les maladies neurodégénératives**, en particulier Alzheimer ;
 - caractériser les causes des **maladies infectieuses, émergentes ou réémergentes**, et développer des **médicaments** adaptés ;
 - développer l'**assistance à l'autonomie des personnes dépendantes**, personnes de très grand âge ou personnes handicapées, notamment par des solutions technologiques (robotique, télémédecine, télésanté...) ;
- prévenir des pathologies par une **meilleure alimentation** et augmenter la traçabilité des aliments pour en assurer la sécurité ; l'alimentation véhicule aussi d'autres éléments de bien-être : respect de l'environnement, aspects organoleptiques, et identité culturelle ;
- construire une passerelle puissante pour **créer des applications médicales à partir des fruits de la recherche fondamentale**. C'est le rôle de la *recherche translationnelle*, qu'il s'agit de renforcer pour établir un lien efficace et pérenne entre chercheurs académiques ou industriels et cliniciens-chercheurs :
 - développer des **technologies clés pour une médecine plus personnalisée et des actes de soins moins invasifs, moins coûteux à qualité au moins égale** : diagnostic rapide, imagerie médicale, télémédecine... ;
 - lancer un « plan biotech » pour doper la croissance des entreprises de **biotechnologies et biologie synthétique** dont les perspectives sont considérables.

Axe prioritaire n°2 : l'urgence environnementale et les écotechnologies

Alors que les effets de l'activité de l'homme sur les équilibres globaux de la planète deviennent aujourd'hui visibles, il est urgent d'innover pour assurer un développement plus durable à l'humanité. Outre l'enjeu global de ce défi, les opportunités de croissance pour nos entreprises sont immenses et la France doit faire des écotechnologies une priorité nationale :

- comprendre et mieux modéliser **l'évolution du climat et de la biodiversité**, notamment à l'aide de moyens de mesure (en particulier **satellite**) et de simulation (**superordinateurs**) performants ;
 - comprendre la réaction du vivant aux agressions extérieures (**toxicologie et écotoxicologie**) liées aux activités humaines et lui assurer une meilleure protection ;
- développer des **écotechnologies et l'écoconception** pour concevoir des produits, des services compétitifs ayant un impact environnemental faible, voire nul, tout au long de leur cycle de vie ;
- assurer **l'avenir énergétique sans carbone** avec un équilibre entre recherche nucléaire et recherche sur les énergies renouvelables afin de préserver l'environnement :
 - inscrire les futures technologies de **l'énergie nucléaire** dans une logique de développement durable : réacteurs de quatrième génération, cycle du combustible, gestion des déchets radioactifs ;
 - améliorer le rendement des **cellules photovoltaïques** existantes et développer les futures technologies de rupture : couches minces et matériaux organiques ;
 - valoriser la plante entière, et non seulement la partie comestible, dans les nouveaux procédés de production de **biocarburants** pour éviter une concurrence dommageable dans l'utilisation des terres agricoles ;

- donner à la France les technologies en matière d'**énergie marine** (énergie des vagues, des marées et des courants, énergie thermique des mers et éolien off-shore) auxquelles la valorisation de son potentiel maritime exceptionnel doit lui permettre d'accéder ;
- développer des services et des technologies de **villes et mobilités durables** :
 - améliorer les motorisations des **véhicules** thermiques et préparer la mutation vers les véhicules peu émetteurs de CO₂, voire décarbonés (électriques, hybrides) ;
 - réduire les émissions de gaz à effet de serre et les émissions sonores du **transport aérien**, en développant des avions plus performants et en optimisant la gestion de l'espace aérien ;
 - inventer des modèles de **bâtiments et de villes durables** en repensant l'architecture et l'urbanisme et en développant les technologies de stockage de l'énergie.

Axe prioritaire n°3 : L'information, la communication et les nanotechnologies

Alors que les technologies de l'information et de la communication sont à l'origine d'une troisième révolution industrielle qui a transformé notre vie quotidienne, certains annoncent déjà la quatrième révolution industrielle avec l'arrivée des nanotechnologies dans l'ensemble des produits manufacturés. Nos entreprises doivent absolument réussir ces révolutions qui sont aussi des opportunités majeures pour lutter contre l'exclusion ou développer des technologies décarbonées. Pour assurer la sécurité et la liberté de tous, l'usage même de toutes ces technologies devra également faire l'objet de travaux de recherche et d'une réglementation adaptée. Les principaux défis qu'il faut relever sont :

- développer de nouveaux choix techniques pour **l'Internet du futur ou Internet des objets**, afin de peser sur les normes internationales, pivot indispensable de la compétitivité de nos entreprises ;
- développer des architectures performantes intégrant totalement les aspects **hardware et software** pour accroître fonctionnalités, disponibilité et fiabilité ;
- renforcer la compétitivité de nos industries de service (banque, médias, éducation et formation permanente...) et de haute technologie (automobile, aviation...) par une forte capacité **d'édition de logiciels** performants ;
- **renforcer notre position sur toute la chaîne des logiciels**. Il y a dans **la sécurité des logiciels** un enjeu social et économique majeur, en ce qui concerne notamment la dématérialisation des transactions et l'utilisation nomade des technologies numériques ;
- réussir la révolution des **nanotechnologies**, dans les domaines de l'électronique, des matériaux et des technologies pour la santé aussi bien que dans celui des énergies renouvelables.

*

Ces cinq principes directeurs et ces trois axes prioritaires de recherche, présentés dans ce document, constituent la référence pour définir l'allocation des moyens du budget de l'Etat et la programmation thématique de la recherche en France. L'identification d'orientations claires encouragera une coordination simplifiée des acteurs de la recherche pour une recherche plus efficace et plus compétitive. Elle permettra d'accroître la coopération public-privé, pour que la recherche irrigue mieux les milieux économiques.

Recherche et innovation, une priorité nationale

Si la connaissance est la finalité première de la recherche, cette dernière a également pour objectif de répondre aux besoins et attentes de la société. A travers les innovations qu'elle suscite et les politiques publiques qu'elle éclaire, la recherche contribue au développement technologique, à la croissance économique, à la santé, à la qualité de vie et au bien-être des citoyens, ainsi qu'à l'enrichissement humain et culturel de notre société. Dès lors, l'élaboration d'une stratégie nationale de recherche et d'innovation constitue l'une des responsabilités majeures de l'Etat.

Un contexte en pleine mutation

Recherche et innovation jouent en France un rôle essentiel depuis la fin de la seconde guerre mondiale et la reconstruction du pays via des grands projets (aéronautique, nucléaire, espace, transports...). Elles ont fait de la France une puissance technologique reconnue comme l'une des premières au monde. Les changements majeurs qui caractérisent la fin du vingtième et le début du vingt-et-unième siècle conduisent, pour rester compétitif, à repenser la politique scientifique, et notamment sa conception, son organisation et ses moyens.

Une dimension européenne et internationale de plus en plus prégnante

Le bouleversement que constitue l'émergence de nouvelles puissances scientifiques et technologiques dans une société mondialisée démultiplie les ressources consacrées à la science, et accélère l'évolution des besoins de recherche et d'innovation, conduisant à en transformer les pratiques et les structures.

C'est dans ce contexte d'internationalisation croissante des activités de recherche et d'innovation que se construit l'espace européen de la recherche qui doit être le creuset de « l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde » ainsi que l'a affirmé le Conseil européen à Lisbonne en mars 2000. Aucun pays européen n'a aujourd'hui les moyens d'être présent seul sur tous les fronts de la recherche. C'est en associant des équipes pluridisciplinaires, de cultures, de traditions intellectuelles et scientifiques, et de nationalités différentes, que le potentiel de recherche et d'innovation de chacun des Etats est démultiplié.

Un lien entre science et société devenu plus complexe

Relayées par des médias à l'audience internationale, les catastrophes écologiques, industrielles, économiques et sociales suscitent des peurs qui tendent parfois à donner une image négative de la science et de la technologie. Dans le même temps, il existe une forte demande d'innovations, notamment technologiques, comme en témoignent par exemple les succès de la chirurgie non invasive (comme la chirurgie laser des yeux), d'Internet, de la domotique et du téléphone portable.

La complexité d'un monde contemporain largement dépendant de la technologie, et avec ses interconnexions, ses interdépendances et son caractère multipolaire soulève de nouvelles interrogations. Les questions de sécurité, sous toutes leurs formes prennent donc une importance particulière : sécurité des réseaux, sécurité des circulations et des échanges, sécurité de l'information ou des produits.

La politique nationale de la recherche et d'innovation doit prendre en compte ces demandes et ces inquiétudes en rénovant son mode d'intervention. Il s'agit de faire participer plus activement la société et notamment le secteur privé et les collectivités territoriales, de renforcer les relais d'opinion, et de faire bon usage de la construction européenne. Par ailleurs, en appliquant le principe de précaution de manière raisonnée, l'Etat doit veiller à l'amélioration des conditions de vie en société.

Un bilan contrasté

20^{ème} pays d'un point de vue démographique mais 5^{ème} puissance scientifique et comptant plus de 210 000 chercheurs publics et privés, et au total près de 800.000 ingénieurs et scientifiques, la France occupe une place de premier plan dans le domaine de la recherche et de l'innovation. Avec un peu plus de 2% de son produit intérieur brut (PIB) consacrés à la recherche, la France excelle dans plusieurs domaines (mathématiques, physique, nucléaire, espace, agronomie, archéologie...), dans lesquels elle compte des pôles scientifiques de renommée mondiale.

Toutefois, la part relative de la France dans l'industrie européenne est en décroissance depuis 10 ans, en lien notamment avec un déficit d'innovation. Ce dernier s'explique en partie par le fait que la France n'a pas augmenté l'intensité de son investissement de recherche et développement (R&D) depuis une décennie. Dans le même temps, certains pays émergents et notamment la Chine ont augmenté sensiblement leur potentiel et leur activité en R&D.

La capacité d'innovation de notre pays tend à être concentrée dans des secteurs qui ne sont pas toujours les plus dynamiques et les plus porteurs de croissance pour un pays à hauts revenus comme la France. En dehors de ses secteurs traditionnels d'excellence (chimie, télécommunications, production et distribution d'énergie, biens d'équipements, transports, espace), ou peu technologiques (luxe) la croissance de la France est en deçà de ce qu'elle devrait être.

La France n'est pas suffisamment spécialisée dans les domaines scientifiques et technologiques qui sous-tendent les secteurs émergents associés aux biotechnologies ou des nanotechnologies. Dans ces secteurs, et plus généralement pour les innovations de rupture, l'innovation suppose de combiner des capacités scientifiques de premier plan et la capacité à les valoriser. Par ailleurs, bien que la France ait su créer un certain nombre de jeunes entreprises innovantes, elle n'a pas su en faire émerger suffisamment et leur donner une taille suffisante pour peser dans la compétition mondiale.

En 2006, la France est au quatrième rang mondial dans le système européen de brevets avec 5,5% des demandes et est spécialisée en machines-mécaniques-transports. Dans le système américain de brevets, la France, au septième rang mondial, rassemble 2% des brevets délivrés et est spécialisée en pharmacie-biotechnologies et chimie-matériaux. Dans les deux systèmes, la part mondiale de la France diminue depuis 1994.

Un exemple de domaine d'excellence française : le spatial

L'espace représente un domaine stratégique pour la France et pour l'Europe, non seulement du fait des enjeux de défense et de sécurité qu'il recouvre, mais aussi en raison de ses applications variées, qu'il s'agisse de l'environnement, des télécommunications ou encore du triptyque localisation/navigation/datation par satellite. La recherche et l'innovation dans le domaine spatial concernent des technologies et systèmes génériques, comme les systèmes de lancement ou les plates-formes de satellite, ou des instruments spécifiques aux applications.

La recherche spatiale irrigue de nombreux secteurs scientifiques et industriels. Satellites et sondes sont de formidables outils d'observation pour les sciences de l'univers, pour celles de la Terre et pour la physique fondamentale. Les missions spatiales utilisent très souvent des technologies pionnières dans des conditions extrêmes. Elles favorisent ainsi le développement de secteurs technologiques avancés et la fertilisation croisée entre recherche et industrie.

L'ampleur des programmes spatiaux et la nature des besoins qu'ils satisfont rendent nécessaire une mutualisation européenne via des collaborations intergouvernementales (ex. : Agence spatiale européenne) ou des programmes de l'Union européenne comme Galileo pour la navigation ou GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) pour l'observation de la terre.

Pourtant, si la France possède des atouts indéniables pour attirer à elle de jeunes scientifiques du monde entier (elle est quatrième pays en termes d'accueil de jeunes scientifiques), les échanges avec certains pays, dont les pays émergents, sont encore insuffisants. De plus, même si une faible proportion de chercheurs français s'expatrie à l'étranger, celle-ci concerne de très bons chercheurs qu'il est souvent difficile de faire revenir. Face à ce constat, l'Etat a entrepris de moderniser la gestion des ressources humaines et de revaloriser les carrières afin de les rendre plus attractives et compétitives.

La France joue un rôle moteur dans la construction de l'espace européen de la recherche. Même s'il existe encore des marges de progrès dans certains domaines, les taux de participation et de coordination dans les projets européens sont parmi les meilleurs (respectivement 3^e et 2^e rang de l'Union européenne). La présidence française de l'Union européenne a également donné une impulsion décisive au lancement de programmations conjointes sur des enjeux socio-économiques essentiels, comme l'énergie et la lutte contre la maladie d'Alzheimer.

En matière d'attractivité du territoire, la France se place dans une position médiane par rapport à ses partenaires européens. Il existe une disparité notable entre les réussites académiques de la recherche française et les bénéfices concrets que la collectivité en tire en termes d'innovation et de développement économique. Fragmentation du système de recherche, insuffisance de l'investissement du secteur privé dans la recherche et le développement (R&D), présence modeste dans les domaines intensifs en R&D ou en devenir comme les biotechnologies ou les nanotechnologies, faible couplage entre la formation des cadres de la recherche publique et celle des cadres d'entreprise (dualité universités - grandes écoles) sont autant de facteurs explicatifs de la situation.

Forces et faiblesses de la recherche et l'innovation françaises	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • 5^{ème} puissance scientifique et technologique mondiale, sur tous les champs de la recherche fondamentale comme finalisée ; • des secteurs d'excellence (agronomie, nucléaire, espace, mathématiques, archéologie...) appuyés sur des organismes de recherche puissants et une communauté universitaire de très grande qualité ; • des leaders industriels mondiaux notamment dans les secteurs de l'aéronautique et des transports, de l'énergie, des services à l'environnement ou de l'agroalimentaire et quelques pôles de compétitivité de rang mondial qui structurent le tissu français de la R&D ; • un rôle prépondérant dans les programmes et des infrastructures scientifiques internationaux et dans la recherche pour le développement ; • des soutiens publics importants à la R&D, notamment grâce au crédit d'impôt recherche. 	<ul style="list-style-type: none"> • système français de recherche et d'enseignement supérieur peu lisible et insuffisamment coordonné dans ses structures et son organisation territoriale; • faible couplage entre organismes publics de recherche, universités et entreprises ; • investissement privé en R&D insuffisant et présence faible sur les secteurs émergents ; • relations et partenariats avec les pays émergents d'Asie moins dynamique que dans d'autres pays de taille similaire ; • gestion trop rigide des ressources humaines dans un grand nombre d'institutions publiques, avec un impact sur l'attractivité des carrières, la mobilité des chercheurs, l'accueil des chercheurs étrangers.

Depuis 2005, le dispositif français de recherche et d'innovation a fait l'objet de profondes réformes : création des pôles de compétitivité, de l'Agence nationale de la recherche (ANR), de l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES), renforcement de l'autonomie des universités et soutien des partenariats publics et privés notamment à travers le crédit d'impôts recherche et les instituts Carnot. L'objectif est d'accroître la performance, la visibilité, le rayonnement international et la valorisation de la recherche française.

Deux textes fondateurs ont ainsi été votés par le Parlement. D'une part, la loi de programme du 18 avril 2006 pour la recherche, traduit le « Pacte pour la recherche » entre l'Etat et les citoyens. D'autre part, la loi du 10 août 2007 relative aux libertés et responsabilités des universités renforce notamment les capacités d'initiative des universités et vise à améliorer leur visibilité sur la scène européenne et internationale. Depuis 2008, de nouvelles mesures ont été prises pour améliorer un dispositif encore trop complexe et fragmenté et renforcer les capacités de recherche et d'innovation de la France.

Le contexte socio-économique et l'urgence environnementale exigent que les actions se poursuivent pour soutenir la recherche, susciter l'innovation, accroître l'investissement privé en recherche et développement, renforcer les partenariats public-privé propices à la création de nouvelles entreprises et au développement des PME.

Il faut maintenant afficher clairement les lignes directrices de la politique du Gouvernement en matière de recherche et d'innovation. Les priorités de recherche au niveau national doivent être identifiées et partagées par toutes les forces de la recherche publique et privée, ainsi que par l'ensemble des citoyens. C'est l'objet du présent document de stratégie nationale de recherche et d'innovation.

Etayer les choix de politiques publiques

Clef de voûte de la réforme du système français de recherche et d'innovation, la stratégie nationale est l'occasion de façonner un environnement favorable à la créativité et l'innovation, de mobiliser le potentiel humain, et de confirmer l'espace européen de la recherche comme le cadre naturel d'action.

Il s'agit ainsi de modeler l'image que la France donne d'elle-même, au service de la connaissance, de la société, de l'attractivité et de la compétitivité. Tous les acteurs scientifiques, sans cesse de concevoir leurs propres stratégies, bénéficieront ainsi d'un outil commun pour orienter leurs choix et pratiques face aux grands enjeux sociétaux et économiques. C'est enfin l'occasion d'aborder explicitement et sur le fond, la problématique des mutations du contexte et des modes de production de la connaissance et de l'innovation et de placer la recherche et l'innovation au cœur du débat public.

Le Conseil des ministres du 3 septembre 2008 a clairement affiché l'ambition de doter la France du cadre et des moyens d'une politique, à la hauteur des enjeux et des défis du 21^{ème} siècle. Les priorités devront guider les choix financiers de l'Etat, notamment en matière d'instruments financés par l'emprunt national.

Une large concertation

L'écriture d'un document stratégique unique présentant les orientations de la recherche et d'innovation au niveau national est un exercice nouveau en France. Ce travail inédit a nécessité un processus d'élaboration et de concertation tirant parti des regards croisés des chercheurs, des acteurs socio-économiques et des autres porteurs d'enjeux. Au total ce sont environ trois cents chercheurs, et autant de représentants d'entreprises de toutes tailles et d'associations qui ont participé à l'exercice au travers d'un comité de pilotage, de groupes de travail, et d'une consultation Internet ouverte au grand public.

L'analyse a été menée en travaillant par grands domaines et en intégrant, dans chaque cas, les enjeux socio-économiques, qu'il s'agisse des attentes de nos concitoyens, des besoins du monde économique ou de l'appui aux politiques publiques. La réflexion s'est appuyée sur l'élaboration d'un diagnostic partagé quant aux forces et faiblesses de la recherche publique et privée, et aux opportunités créées notamment par les réseaux européens et internationaux¹.

¹ Cf. la composition et les rapports des groupes de travail à partir du site : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20797/la-strategie-nationale-de-recherche-et-d-innovation.html>

Le premier jalon d'un processus évolutif

Ce document propose une vision d'ensemble des défis à relever dans le domaine de la recherche et de l'innovation et fixe un cadre de référence des priorités de recherche pour les quatre prochaines années. Celui-ci a vocation à orienter les budgets annuels de l'Etat, la programmation de l'Agence nationale de la recherche et l'action des organismes de recherche et des universités à travers les contrats pluriannuels passés avec l'Etat.

Pour autant, il ne s'agit pas là du résultat figé d'une réflexion stratégique ponctuelle, mais du premier jalon d'un processus continu devant aboutir, tous les quatre ans, à l'élaboration d'un nouveau document. Ces révisions régulières seront l'occasion de dresser un bilan et de prendre en compte l'évolution des connaissances et des enjeux.

Les cinq principes directeurs de la stratégie nationale de recherche et d'innovation

La recherche fondamentale comme choix politique

L'histoire des grandes découvertes enseigne que celles-ci dépendent de l'existence d'une recherche fondamentale de qualité. Réaffirmer et assurer la place centrale de la recherche fondamentale et de la liberté académique dans le système français de recherche est une volonté forte du Gouvernement et une ligne directrice de la stratégie nationale de recherche et d'innovation.

Elle est déjà perceptible dans le renforcement du programme "Blanc" de l'ANR ou le soutien de la France au Conseil européen de la recherche, deux outils dont la vocation est de financer des projets scientifiques sur la base de l'excellence, indépendamment de leurs finalités. Les réformes en cours vont également dans ce sens. D'une part l'autonomie des universités renforce le lien entre formation et recherche au service d'une pensée libre de la science. D'autre part, les nouveaux instituts du CNRS ont vocation à dynamiser, structurer et développer les communautés scientifiques sur le long terme.

En appui aux nombreuses disciplines scientifiques, les infrastructures de recherche jouent un rôle fondamental. Elles permettent notamment l'observation et l'expérimentation indispensables à la compréhension des phénomènes naturels, leur reproduction ou leur simulation, donnent accès à des données de qualité, et participent au développement de compétences. Instruments à la pointe du développement scientifique, elles sont aussi motrices pour la recherche technologique, et porteuses d'innovation. Elles représentent, de par leur taille et leur complexité, un marché important pour les entreprises qui les construisent, et sont de facto créatrices d'emplois. L'élaboration d'une feuille de route régulièrement actualisée doit constituer l'instrument privilégié de la politique en matière d'infrastructures.

La recherche fondamentale s'enrichit également d'une proximité avec les recherches appliquées et technologiques. Il s'agit de faire vivre le continuum interactif de la recherche fondamentale à la recherche appliquée et l'innovation. Si les technologies naissent parfois sans fondements théoriques, ceux-ci sont indispensables à leur évolution. De nombreuses théories ont ainsi vu le jour dans les échanges entre ces différents volets de la science. Le système de recherche doit favoriser cette proximité, ce qui passe notamment par le maintien et le renforcement de la politique visant à faire émerger, dans les régions françaises, des pôles d'enseignement, de recherche et d'innovation, appuyés sur des partenariats publics/privés forts.

Une recherche ouverte à la société et à l'économie

Un objectif majeur de cette politique raisonnée de dynamisation de l'articulation entre recherche et innovation est de faire face, dans les meilleures conditions, à l'impératif de développement économique et de compétitivité des entreprises françaises qui s'impose à notre pays.

Cette compétitivité est le gage de la croissance et de l'emploi. Elle implique de rénover, dans le sens d'une confiance et d'une coopération accrue, le lien entre les institutions publiques de recherche et les entreprises, sur des objectifs concrets, à moyen et long terme.

La France doit lever, dans ce domaine, un certain nombre de blocages qui obèrent sa capacité de s'inscrire positivement dans la concurrence européenne et internationale. Il y a là un défi culturel que la stratégie de recherche et d'innovation doit aider à affronter. L'élaboration de politiques publiques appropriées y contribue pleinement : le triplement du crédit d'impôt recherche fait de la France le pays le plus attractif au monde pour la recherche du point de vue fiscal.

Cette mesure constitue de fait un outil anti-délocalisation et aussi un facteur déterminant pour la localisation de nouveaux centres de recherche et donc pour la création de croissance et d'emplois.

Par ailleurs, les financements alloués par l'Agence nationale de la recherche traduisent, de manière équilibrée, d'une part, la liberté totale de créer (50% de programmes blancs) et, d'autre part, l'innovation née d'une incitation ancrée sur les priorités de la Nation (50% de programmes thématiques). L'ensemble des aides de l'Agence promeut une recherche partenariale publique-privée.

En outre, le succès économique des entreprises suppose de traduire l'innovation par la mise sur le marché d'un produit ou service qui répond à une attente d'un client. Cette analyse du besoin de développement de produits est souvent ignorée, par manque d'information, de formation ou d'accompagnement, auprès des chercheurs français susceptibles d'en être porteurs. Des carrières mixtes public-privé, qui garantiraient les perspectives professionnelles de chacun, pourraient faciliter ces échanges.

Une meilleure prise en compte des risques et du besoin de sécurité

Le monde contemporain est un univers globalisé où les personnes, les idées et les biens circulent à l'échelle planétaire. Les aléas inhérents au changement climatique, la nécessité d'approvisionnement énergétique, l'enjeu de la production alimentaire pour une population mondiale qui devrait atteindre environ 9 milliards d'individus en 2050 sont autant de défis conjugués qui requièrent d'adapter la gestion des risques et des incertitudes.

Dans ce contexte, les équilibres nationaux et continentaux se reconfigurent à grande vitesse. Les phénomènes de diffusion (des idées et des innovations, autant que des virus) prennent une ampleur inédite. L'impératif du changement donne lieu, dans tous les domaines, à des processus de recomposition rapide qui déstabilisent en permanence les équilibres sociaux, politiques et culturels, et tendent à faire vivre les individus, les groupes et les sociétés humaines dans une situation structurelle d'incertitude. En sens inverse, ces mutations sont aussi des sources de progrès et constituent des opportunités qu'il s'agit de saisir.

Faire de la question du risque une de ses thématiques transversales majeures est un des principes de réflexion retenus par la stratégie nationale de recherche et d'innovation. Il implique de mettre en avant le soutien aux approches interdisciplinaires des situations de risque, dans la multiplicité de leurs manifestations et de leurs dimensions. Une place privilégiée doit évidemment être donnée, dans cette perspective, aux efforts de la recherche fondamentale pour analyser et modéliser ces situations, et pour élaborer, dans tous les registres disciplinaires, les outils d'intelligibilité de la complexité. Inséparablement, la *sécurité*, saisie comme requête majeure de la vie collective autant qu'individuelle, doit être mise en avant, comme un objet important de la recherche, et comme une cible privilégiée de l'innovation, sociale et culturelle autant que technologique.

Défense et sécurité

Affichées dans le Livre Blanc 2008 de la défense et de la sécurité, les orientations stratégiques majeures de l'effort public de recherche et développement dans ces domaines concernent le maintien des compétences critiques (ex. : systèmes balistiques, moyens sous-marin), le développement des capacités de renseignement, technologiques (ex. : satellites) ou non (ex. : géopolitique), et des compétences en matière de lutte contre la cybercriminalité ou la prolifération des agents/armes nucléaire, radiologique, biologique ou chimique (NRBC).

La politique nationale de recherche doit encourager une approche multidisciplinaire et transverse, associant des acteurs des secteurs public et privé, fondée sur l'expression des besoins par les utilisateurs finaux. Afin de limiter les coûts, une dualité des programmes entre le secteur civil et la défense doit être recherchée. Les solutions purement nationales étant inopérantes, la France s'est engagée dans des collaborations au niveau européen via l'Agence européenne de défense et le Programme européen de recherche en sécurité et au niveau international par le biais d'accords bilatéraux.

Il convient en effet d'inventer de nouveaux concepts de sécurité, plus faciles d'emploi et plus efficaces pour les citoyens, comme par exemple le contrôle de bagage sécurisé sans manipulation spécifique. La sécurité urbaine devra aussi être une finalité de recherche spécifique, par exemple en termes de gestion de mouvements de foule, d'outils de dissuasion et de technologies de détection et d'identification des personnes et des risques. La France pourra relever ces défis grâce aux compétences de son tissu industriel dans le domaine de la sécurité, qui sera renforcé par la mise en œuvre des priorités de la stratégie nationale de recherche et d'innovation. Il faudra aussi aller plus loin en renforçant le système de coordination de la recherche dans ce domaine, en le simplifiant et en lui donnant plus de visibilité, aussi bien auprès des chercheurs que des industriels, des citoyens et des décideurs publics.

Les sciences humaines et sociales au cœur de la démarche

L'un des choix forts de la Stratégie nationale est de reconnaître pleinement aux sciences humaines et sociales (SHS) leur place décisive sur tous les fronts pionniers de la recherche et de l'innovation.

Trop souvent, cette place est pensée uniquement à travers la contribution que ces sciences sont susceptibles d'apporter à l'acceptation sociale de l'innovation scientifique et technologique : analyse des attentes sociales, exploration des changements culturels et sociaux que l'innovation induit, étude des phénomènes de résistance, etc. L'autre erreur d'appréciation fréquente est de confiner les sciences humaines et sociales à la prise en charge des questions d'ordre moral ou philosophique auxquelles les chercheurs sont confrontés.

Dans les deux cas, le risque d'instrumentalisation des SHS est fortement ressenti par les communautés de chercheurs concernées. Ce biais perdurerait si les SHS étaient assignées à une thématique particulière à l'intérieur du présent document stratégique. Elles s'y trouveraient du même coup enfermées, alors même que s'estomperaient les enjeux humains, sociaux, politiques et culturels impliqués par toutes les autres thématiques.

Le juste positionnement des SHS dans la stratégie nationale de recherche et d'innovation consiste à souligner fortement le rôle majeur qui doit être le leur au sein de tous les axes prioritaires, et précisément la façon dont elles participent à la construction des interfaces interdisciplinaires dans tous les domaines clés, qu'il s'agisse du vieillissement ou du changement climatique, de la maîtrise de l'énergie ou de l'internet du futur, du développement durable ou du recours aux nanotechnologies.

Il revient aux sciences humaines et sociales, de façon spécifique, de penser les nouvelles échelles du temps et de l'espace qui reconfigurent à la fois les pratiques sociales, l'économie et les pratiques scientifiques, et d'enrichir le débat public à travers lequel se construit le lien entre la science et la société.

La pluridisciplinarité, élément essentiel d'une recherche moderne

Les principes directeurs présentés ci-dessus convergent vers une même exigence : permettre une recherche pluridisciplinaire contribuant à l'avancée des connaissances. Les nouveaux objets scientifiques et la manière de conduire les projets de R&D nécessitent une pluridisciplinarité pouvant impliquer plusieurs structures de recherche. Le dialogue entre les disciplines constitue une condition de succès.

L'académie des sciences le soulignait ainsi dès 2000² : « l'interprétation de la biologie, des sciences du vivant et des mathématiques appliquées, la prise en compte de l'amélioration et de la préservation de l'environnement, l'accélération de toutes les formes de communications et le nécessaire développement de l'énergie et des matériaux sont quelques-unes des questions au cœur des préoccupations de l'humanité et au cœur du développement de la société, dans le monde et en France en particulier. »

Force est de constater que si certains domaines sont plus qu'avant propices à une approche pluridisciplinaire, comme les nanotechnologies, les biotechnologies, ou les sciences de l'information, le décloisonnement entre les disciplines et le rapprochement progressif des structures sont essentiels à une recherche compétitive.

² Rapport biennal sur la science et la technologie en France Synthèse 1998-2000, Académie des Sciences, novembre 2000

Pour un système de recherche et d'innovation performant

Un Etat stratège

Les analyses menées sur le système français de recherche et d'innovation ces dernières années convergent toutes sur le même diagnostic et, globalement, les mêmes recommandations visant à renforcer l'autonomie de ses acteurs et le rôle des universités.

Les trois fonctions d'un système de recherche et d'innovation

La fonction « Orientation » : élaboration et mise en œuvre de la politique nationale, définition des grandes orientations pour l'évolution du système et répartition des ressources sur des macro-objectifs. Ce premier niveau est le niveau de responsabilité gouvernementale.

La fonction « Programmation » : traduction des macro-objectifs définis au titre de la fonction « Orientation » en priorités scientifiques et programmes de recherche, ainsi qu'en allocation de ressources pour les opérateurs ou unités de recherche. Les acteurs sont les agences de financement, les organismes de recherche et certains ministères.

La fonction « Recherche et innovation » : fonction de production, de diffusion et de valorisation des connaissances. Elle relève des universités, des écoles, des instituts de recherche et des entreprises.

Pour des raisons historiques, le système français de recherche et d'innovation s'est développé dans une configuration dite en « fonctions majoritairement intégrées ».

Ainsi, jusqu'à ces dernières années, ministères et organismes de recherche cumulaient souvent plusieurs de ces fonctions. Ce schéma d'organisation, assez répandu dans le monde jusque dans les années quatre-vingt, a été particulièrement efficace pour développer les filières technologiques d'excellence de la France.

Ses faiblesses ont depuis été mises en lumière. La rapidité d'évolution des sciences et technologies, la variété des compétences à mobiliser sur les thèmes émergents, l'internationalisation croissante des activités de recherche et de développement nécessitent un système plus lisible clarifiant les rôles et l'autonomie des acteurs et permettant une meilleure coordination nationale et européenne. Les évolutions législatives récentes s'inscrivent dans ce cadre, elles préparent le passage à un schéma d'organisation en « fonctions majoritairement séparées ».

La création de l'Agence nationale pour la recherche (ANR) et de l'Agence pour l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) ainsi que la globalisation des budgets des universités permettent au ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche de se recentrer sur sa fonction d'orientation. La contractualisation avec les organismes vise à leur donner une plus grande autonomie, le contrôle de l'Etat s'effectuant a posteriori, mais aussi à mieux marquer la frontière entre les fonctions de programmation et de recherche. Ces évolutions ainsi que les instruments imaginés dans les dernières lois doivent permettre aux universités de définir et de mettre en œuvre plus librement leur propre stratégie.

La recherche et l'innovation constituent des leviers majeurs tant pour relever les défis auxquels est confrontée l'humanité, que pour permettre à l'Europe et à la France de développer une compétitivité garante de leur modèle économique et social. De l'efficacité de ces leviers dépend la qualité de notre insertion dans la nouvelle division internationale de l'économie de la connaissance.

S'inscrire dans un cadre européen

La construction de l'espace européen de la recherche constitue un enjeu essentiel. La France entend influencer la politique scientifique de l'Europe, notamment dans le cadre de « la vision 2020 pour l'espace européen de la recherche » qui a été adoptée à son initiative pendant sa présidence de l'Union européenne. Ceci concerne notamment les priorités du programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRD), la stratégie élaborée par le « forum stratégique européen pour la coopération internationale en sciences et technologies », la programmation conjointe entre Etats, mais aussi la construction des règles concernant la valorisation de la recherche, les normes techniques ou encore la mobilité des scientifiques.

La question de la coordination entre politiques nationale et européenne est particulièrement sensible dans certains secteurs comme les infrastructures de recherche et dans la programmation scientifique. Il s'agit de réaliser des gains d'échelle importants mais aussi d'améliorer l'insertion de la France dans la dynamique européenne par une meilleure participation des opérateurs publics et privés de la recherche et de l'innovation aux programmes de l'espace européen de la recherche.

C'est dans cet esprit que la France a promu la « programmation conjointe » lors de sa présidence de l'Union européenne, qui reflète un équilibre entre l'action intergouvernementale et communautaire.

La programmation conjointe

La « programmation conjointe » consiste à coordonner entre eux des programmes de recherche nationaux afin de résoudre, au niveau européen, les défis pour lesquels l'urgence, la prise de risques et les moyens humains et matériels nécessaires sont trop importants pour ne pas être mutualisés.

Cette décision des Etats membres de s'impliquer dans de grands projets fédérateurs porteurs d'innovations et précurseurs de futurs marchés a été concrétisée lors du Conseil européen du 2 décembre 2008. Six grands enjeux sociétaux ont déjà été identifiés : le changement climatique, le vieillissement de la population, les approvisionnements énergétiques, les approvisionnements en eau ou alimentaires, la finance, ainsi que la sécurité.

Intensifier nos partenariats internationaux

La science et la technologie sont des domaines où la circulation des connaissances, les mises en réseau et la coopération internationale constituent les conditions même de succès.

La France a une longue tradition de coopération internationale dans le domaine de la recherche et elle y jouit d'une forte reconnaissance. La globalisation croissante des activités de recherche représente donc une chance, mais elle oblige à revoir une politique scientifique internationale de développement, de collaboration et d'accueil qui n'a pas assez évolué au cours des dernières décennies.

Des actions viseront à intensifier les coopérations et échanges, notamment avec la Chine, l'Inde, le Japon, la Corée du Sud, le Brésil et la Russie, autant de pays à fort potentiel scientifique avec lesquels l'accroissement des relations scientifiques sera fécond également en termes d'échanges économiques et d'efficacité diplomatique au service des grands enjeux globaux. Enfin, la France devra s'investir d'avantage dans les enceintes mondiales où se définissent les agendas de recherche et les régulations concernant les défis globaux et les biens publics mondiaux³. Elle le fera d'autant mieux qu'elle coordonnera son action avec les autres Etats de l'Union européenne, notamment dans le cadre du « forum stratégique pour la coopération scientifique et technique internationale ».

Une politique volontariste permettra d'accroître l'attractivité et l'accessibilité du territoire scientifique et technologique français. Elle passera par des aides spécifiques comme celles proposées par l'ANR (programme chaire d'excellence, retour post-doctorant) ou l'Union européenne (bourses Marie Curie par exemple), mais aussi par le développement d'enseignements en anglais dans les Masters. L'assouplissement des nombreuses contraintes administratives et comptables qui pèsent sur les établissements de recherche, l'extension du visa scientifique aux entreprises ou encore le soutien à la création du brevet communautaire sont également des objectifs à atteindre.

³ Les biens publics mondiaux renvoient à des préoccupations d'intérêts communs à l'humanité (environnement, climat, énergie, ...)

La recherche française au service du développement

A travers ses organismes dédiés et le réseau dense de ses chercheurs expatriés qui accomplissent des missions de service public sur les terrains du Sud, la France est particulièrement bien placée en matière de recherche au service du développement en partenariat avec les pays concernés. Elle doit aujourd'hui inscrire cette politique de recherche dans de nouvelles perspectives :

- les pays engagés dans ce type de partenariat de recherche au service de leur développement entendent préserver leur identité, leur patrimoine. Ils entendent rester maîtres de leur développement, de leurs priorités de recherche et veulent légitimement affirmer leur « souveraineté scientifique » ;
- la prise de conscience par les pays développés de leur responsabilité dans la promotion de la recherche au service du développement induit des partenariats nord/nord en particulier au sein de l'Union européenne.

La diversité des degrés et des modes de développement rend aujourd'hui moins opérante les classifications entre pays développés et pays en développement, entre pays du nord et pays du sud. L'émergence de pays comme le Brésil ou l'Afrique du Sud suscitent des partenariats sud/sud. De nombreuses questions de recherche, dont certaines revêtent une importance capitale pour nos sociétés d'aujourd'hui (changements climatiques, maladies émergentes, sûreté alimentaire, biodiversité, migrations, gouvernance...) ne peuvent être traitées convenablement qu'en prenant en compte les terrains, les acteurs et les sociétés de l'ensemble des pays. Les instruments de ces partenariats devront désormais être évalués en tenant compte de ce contexte autant que de leur efficacité propre.

Des idées clefs communes

Une lecture panoramique des orientations proposées par les groupes de travail ayant contribué à la définition de la stratégie montre une forte convergence sur quelques objectifs essentiels⁴.

Des carrières scientifiques plus motivantes

L'efficacité du système de recherche publique repose essentiellement sur ses personnels, enseignants-chercheurs et chercheurs, ingénieurs, techniciens et gestionnaires. Or, l'attractivité des carrières de la recherche s'est globalement affaiblie dans notre pays au cours des dernières décennies, avec des risques de dépérissement de certains domaines.

Depuis deux ans, l'Etat a augmenté de façon considérable les moyens de l'enseignement supérieur et de la recherche et entend continuer à le faire. Il a mis en œuvre, au travers de plusieurs réformes dont la loi du 10 août 2007 relative aux libertés et responsabilités des universités, une gestion de proximité des ressources humaines et un plan de revalorisation des carrières. Il s'agit maintenant de mettre en œuvre une politique encore plus volontariste afin notamment de faire évoluer les pratiques. Ceci passe par la création de nouveaux instruments (chaires mixtes, primes, aides à la mobilité...), le développement d'une culture managériale spécifique aux métiers de l'enseignement supérieur et la recherche et une meilleure appropriation des outils existants comme, par exemple, la formation continue.

Le système d'évaluation doit également évoluer. Le métier d'enseignant-chercheur comporte de multiples facettes et l'évaluation encore trop focalisée sur la seule production scientifique, mesurée de façon quantitative. Ainsi, innovation, enseignement, expertise, mise en débat, management, prise de risque sont encore largement sous-valorisés. Les jeunes talents, pour s'orienter vers la recherche, doivent trouver un cadre favorisant l'excellence personnelle et des objectifs ambitieux, ainsi que des perspectives économiques attractives. Par ailleurs, un bilan des mesures permettant aux chercheurs qui innovent de participer aux gains (matériels et non matériels) que leur innovation génère doit être réalisé.

Enfin, un rapprochement entre universités et écoles, en atténuant les barrières culturelles séparant scientifiques, ingénieurs et managers, permettra une plus grande mobilité entre milieux académiques et industriels, offrant ainsi plus d'opportunités d'évolution de carrière. L'objectif est en même temps d'augmenter créativité et innovation et de développer la recherche dans le secteur privé.

⁴ Les rapports des groupes de travail sont consultables à partir du site internet : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20797/la-strategie-nationale-de-recherche-et-d-innovation.html>

Un écosystème de l'innovation plus attractif

La France doit faire de l'innovation un moteur plus puissant de sa croissance. Notre écosystème de l'innovation doit devenir plus attractif et plus repérable dans les réseaux d'innovation mondiaux, en particulier dans les disciplines et secteurs émergents : écotecnologies, technologies de l'information et de la communication, biotechnologies, nanotechnologies (dont la nanoélectronique).

Depuis une dizaine d'années, et notamment depuis l'adoption de la stratégie de Lisbonne par les pays de l'Union européenne, la France a engagé la mutation de son écosystème de l'innovation afin de stimuler les activités de recherche et développement (R&D) des entreprises et les transferts de technologie. Il s'agit d'achever cette mutation et notamment de renforcer la capacité de croissance des nouvelles entreprises porteuses d'innovation et de développer de nouveaux secteurs. L'accroissement de la capacité d'innovation non technologique (design et création, innovation organisationnelle) et une meilleure diffusion des technologies de l'information et de la communication doivent aussi, en particulier auprès des PME, contribuer à renforcer le dispositif français.

Quatre leviers d'actions doivent permettre de compléter les politiques publiques engagées depuis une dizaine d'années.

En premier lieu, la crise donne lieu à des évolutions très rapides des moyens dévolus par de grands pays à diverses ambitions technologiques, scientifiques, industrielles, comme aux enjeux économiques et industriels et aux opérateurs qui les portent, ou à des objectifs politiques comme ceux qui pourraient résulter de la réunion de Copenhague fin 2009. Un suivi systématique de ces évolutions, quantitatif et qualitatif, est nécessaire à un pilotage efficace de la stratégie nationale de recherche et d'innovation, et doit être conduit en partenariat avec les principaux ministères concernés, donnant lieu à des synthèses régulières. L'amélioration de l'écosystème français s'appuiera ainsi sur des évaluations plus systématiques des politiques publiques affectant celle-ci.

En second lieu, le renforcement des aides à la R&D initié en 2004 (dispositif Jeune Entreprise Innovante, refonte du crédit d'impôt recherche, aides OSEO, pôles de compétitivité...) doit être inscrit dans la durée et être complété. Dans le cadre européen du programme-cadre de recherche et développement technologique (PCRDT), on cherchera également à soutenir les jeunes entreprises innovantes, notamment dans les phases de conception et de développement des projets d'innovation. Les *startups* devront également bénéficier d'un meilleur accès aux programmes partenariaux et d'un renforcement des circuits de financement en capital risque dans la phase d'amorçage.

Le troisième levier consiste à stimuler les coopérations entre acteurs en veillant à développer les infrastructures de l'innovation ouverte. L'effort de professionnalisation et de mutualisation des structures de valorisation de la recherche publique doit être résolument accentué pour aboutir à une quinzaine de structures dans le cadre des pôles de recherche et d'enseignement supérieur (PRES). Ces structures mutualisées devront s'inscrire dans le cadre plus général d'une organisation territoriale de la recherche et de l'innovation simplifiée, autour des campus universitaires et des pôles de compétitivité qui constitueront de véritables écosystèmes locaux d'innovation facilitant les relations partenariales entre acteurs publics et privés. Les réseaux thématiques de recherche avancée (RTRA) ont vocation à s'en rapprocher. La construction d'un tel environnement contribuera davantage au développement des pratiques d'innovation ouverte des entreprises, des PME innovantes aux multinationales, et renforcera les capacités de recherche technologique et de prototypage. Les coopérations appellent par ailleurs une réduction du coût de la protection de la propriété industrielle, qui passe notamment par la mise en place du brevet communautaire.

Enfin, la demande d'innovation doit être stimulée en renforçant les dispositifs d'accès aux marchés publics pour les PME innovantes, en intégrant mieux l'innovation dans les politiques d'achat public et en simplifiant les procédures correspondantes. A l'échelle européenne, l'importance de l'accès à un vaste marché pour les entreprises innovantes constitue l'un des axes de la stratégie de Lisbonne. Il est important de soutenir cette politique, ainsi que la promotion de marchés pilotes à cette échelle .

Tirer parti des interdépendances

La mondialisation s'est progressivement imposée pour devenir un élément structurant du mode de vie et de travail de la majorité des populations. Les interactions humaines deviennent plus diverses, plus étendues, plus internationales. La compréhension des mutations actuelles est essentielle, l'analyse des dynamiques culturelles et des phénomènes de globalisation économique (nouveaux marchés, aléas économique-financiers, vulnérabilités sociales, normes et régulations depuis le droit international jusqu'aux standards de qualité...) devant conduire à mieux appréhender les opportunités créées et à anticiper les implications des grands changements environnementaux, démographiques (dynamique Nord-Sud, immigration...) ou culturels et sociaux sur les comportements individuels et collectifs.

Pour cela une approche pluridisciplinaire est nécessaire, rapprochant les sciences « dures » (comme la climatologie, la géophysique, les mathématiques ou les sciences de la vie) des sciences humaines et sociales, inscrivant les événements dans les dynamiques historiques et culturelles, et permettant d'assurer la continuité de toute la chaîne de l'innovation (recherche – entreprises – consommation) dans le cadre d'un dialogue renouvelé entre les sciences et les différentes sociétés de la planète.

Sciences et sociétés

Une société ouverte et en mouvement est une société de création et d'initiative, génératrice d'opportunités, qui remet en cause ses codes anciens. Les dynamiques à l'œuvre impliquent des recompositions complexes des liens sociaux associant des formes nouvelles et anciennes. Elles requièrent de prendre en compte les dimensions individuelles, collectives et structurelles et de maîtriser les risques.

Cette nouvelle donne impose de créer un environnement propice pour assurer les conditions de la confiance : associer les parties prenantes à la définition des stratégies de recherche et de programmation nationale ou locale ; garantir la transparence ; développer les réflexions sur la déontologie et les questions d'éthique ; conforter la pratique de l'expertise publique ; développer le goût pour les sciences et la culture scientifique, dès l'école et tout au long de la vie ; faciliter les débats sur les controverses concernant la science ou la technologie ; stimuler la recherche sur les relations sciences-sociétés.

Les nouveaux modes de diffusion des savoirs et d'apprentissage doivent également être revisités. Au cours des dernières décennies, le volume des connaissances s'est en effet considérablement accru et les savoir-faire techniques se sont démultipliés. Les échanges internationaux et les outils numériques favorisent la multiplication des sources et des canaux d'information. Ainsi, l'actualisation des connaissances apparaît aussi déterminante que l'acquisition des savoirs fondamentaux pour comprendre, décider ou agir. Les enjeux de l'apprentissage, présents tout au long de la vie, ne cessent ainsi de se renforcer et doivent être accompagnés d'un effort tout particulier de recherche sur le processus d'acquisition, sur les conditions de production et d'organisation des savoirs et sur la diversité culturelle des formes d'appropriation. Il s'agira aussi de développer les rencontres entre chercheurs et citoyens, et renforcer la communication des organismes de recherche et des universités sur leurs résultats auprès du grand public.

Les axes prioritaires

Les axes prioritaires

La recherche est un monde en perpétuelle évolution, dans lequel les positions ne sont pas figées. Régulièrement, des ruptures marquent l'évolution des théories scientifiques ou font émerger de nouvelles technologies clés. Des sujets délaissés reviennent sur le devant de la scène. Parallèlement au soutien des domaines d'excellence français, il est donc essentiel de permettre le développement de certains domaines émergents, en mutation ou pour lesquels les positions ne sont pas encore bien établies, tout en conservant et capitalisant les savoirs et savoir-faire déjà existants.

La présente Stratégie nationale de recherche et d'innovation retient trois axes prioritaires de développement. Ils ont en commun de répondre à des enjeux de société bien identifiés, de correspondre à des domaines économiques émergents et à fort potentiel d'innovation, et de nécessiter des recherches pluridisciplinaires sur lesquelles la France peut mobiliser un ensemble de chercheurs de premier plan.

- **la santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies** dans un contexte d'allongement de la durée de vie, d'émergence de maladies infectieuses et d'évolution des modes de vie ;
- **l'urgence environnementale et les écotechnologies**, pour répondre au triple défi posé par l'épuisement des ressources naturelles et le partage fonctionnel des territoires, par le changement climatique, et par la nécessité d'une relative indépendance énergétique. Ces questions sont liées et appellent une réponse commune.
- **l'information, la communication et les nanotechnologies**, désormais omniprésentes dans la vie quotidienne avec la révolution d'Internet. Les défis multiples posés dans ce domaine concernent notamment la sécurité, l'intelligence ambiante, les systèmes complexes, l'informatique parallèle et distribuée...

La santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies

Enjeux

Un enjeu social majeur

La demande croissante de la société vis-à-vis des chercheurs et des professionnels de santé est liée à de nombreux facteurs : allongement de la durée de vie et développement de maladies liées à l'âge, aspiration continue au bien-être, évolution des modes de vie et de consommation, émergence de maladies infectieuses, persistance de pathologies majeures qui touchent une population vieillissante.

En Europe, les dépenses de santé représentent 1 408 Md€, et 140 milliards en France, soit 10 à 15% du PIB. Avec un européen sur quatre qui aura plus de 60 ans en 2010, leur croissance qui atteint déjà 7% par an pose un véritable défi.

L'acquisition de connaissances et le développement de solutions dans les domaines de la santé et de l'alimentation doivent être confirmés comme priorités nationales.

Par ailleurs, si les avancées scientifiques répondent souvent aux demandes de la société, elles soulèvent des questionnements d'ordre juridique, éthique, anthropologique et philosophique. Signalons par exemple les questions majeures liées aux recherches conduites sur l'embryon et les cellules souches, à l'utilisation des tests génétiques, aux études comportementales fondées sur l'imagerie médicale ou à la procréation médicale assistée.

Un fort potentiel de développement économique

Plusieurs secteurs économiques sont directement concernés par ces questions et les industries françaises occupent des positions diverses qui vont du leadership européen à des situations de retard préoccupant par rapport aux autres pays industrialisés.

Ainsi, les industries agroalimentaires françaises occupent la première place au niveau européen et la seconde au niveau mondial, derrière les États-Unis. L'industrie pharmaceutique française occupe également une place enviable. Elle est concentrée sur quelques groupes, moyens ou grands, notamment le leader français né de la fusion d'Aventis et de Sanofi-Synthelabo.

En revanche, la place de la France dans le secteur des nouvelles technologies pour la santé est moins assurée, malgré une recherche active dans ce domaine. Car si le monde de la recherche académique est effectivement déjà fortement impliqué dans ces domaines, les solutions sont rarement reprises par l'industrie et leur diffusion reste difficile. Les industriels tardent à investir dans les projets de R&D et à s'engager dans le développement de produits et de services innovants. Plusieurs freins brident l'essor de l'e-santé, notamment la rareté des collaborations entre mondes académiques, médicaux et industriels et le manque de projets avec les collectivités locales.

Ces technologies pour la santé contribuent de façon significative aux progrès dans les domaines de la prévention et de la prise en charge des pathologies et des handicaps, où la demande sociétale connaît une forte croissance. Elles résultent de l'association d'une compétence technologique généralement issue d'un domaine éloigné du domaine médical, avec celle des biologistes ou cliniciens-chercheurs, et nécessitent une évaluation rigoureuse en milieu hospitalier. Elles regroupent l'imagerie, les biotechnologies et la bio-ingénierie, les technologies pour l'aide au développement des médicaments, la chirurgie et les autres techniques interventionnelles incluant l'assistance au patient. Actuellement, l'activité est essentiellement portée, en France, par des PME qui occupent très rarement une position dominante.

Le secteur de la santé à domicile qui, en 2006, représentait 40 000 emplois est d'ailleurs en plein essor : dans les cinq années à venir, il pourrait progresser de 20 à 30 %. Il offre de nouveaux marchés pour les industriels français à travers l'utilisation croissante des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Progresser dans la connaissance du vivant

Les sciences du vivant s'intéressent au fonctionnement des organismes vivants à toutes les échelles, du gène à l'écosystème. Elles concernent l'Homme, les espèces du monde animal, végétal et microbien, ainsi que leur association en écosystèmes et leurs interactions entre eux. La diversité et la complexité des mécanismes régissant les relations au sein des écosystèmes, et ceci de l'échelle moléculaire à l'échelle des territoires et de la planète, restent encore mal connues. Ces questions ouvertes sur le monde du vivant nécessitent un soutien résolu à la recherche fondamentale et exploratoire.

A l'interface de plusieurs disciplines, la modélisation mathématique et numérique des processus biologiques ouvre de nouvelles perspectives pour la représentation et la compréhension du vivant. Fondée sur les données expérimentales issues de la recherche fondamentale, **la modélisation du vivant** permettra de proposer des réponses prédictives, quantitatives et qualitatives, aux besoins de la recherche appliquée, en particulier en matière de développement de modèles de pathologies ou de nouveaux traitements, mais aussi pour simuler la dispersion d'un produit dans un écosystème ou dans la chaîne trophique.

Ces recherches sont fortement pluridisciplinaires. Elles nécessitent des actions volontaristes et ciblées dans les domaines de la formation (ouverture à l'interdisciplinarité, création de cursus multivalents) et de l'organisation territoriale (création de campus intégrés autour de structures existantes telles que pôles de recherche et d'enseignement supérieur, pôles de compétitivité, réseaux thématiques de recherche et de soins...). Quelques sites pilotes peuvent être identifiés à Saclay, Lyon, Marseille, Strasbourg ou Montpellier. A l'échelle européenne, la présence française devra être renforcée dans les programmes concernant la biologie des systèmes et la biologie synthétique.

L'accès à de **grandes cohortes** et à des banques de ressources biologiques, mais aussi aux grandes infrastructures (avec une attention particulière sur les besoins en bio-informatique) est indispensable. Il devra être accompagné d'actions menées à l'échelle nationale et de la mise en réseaux de ces structures au plan européen.

Faire face aux problématiques majeures de santé publique

Les engagements politiques, notamment ceux définis dans la loi de santé publique du 9 août 2004, se sont traduits par la mise en œuvre de programmes nationaux de santé publique dans les domaines jugés prioritaires. La plupart de ces plans intègrent des mesures de soutien à la recherche qui ont démontré leur capacité à créer une dynamique dans le domaine concerné. On citera par exemple les plans Alzheimer (2008-2011) et cancer dont un nouveau volet sera élaboré en 2009.

En réponse aux enjeux, la recherche en santé doit être mieux coordonnée dans plusieurs secteurs :

Les maladies neurodégénératives, dont la prévalence s'accroît avec l'allongement de l'espérance de vie de la population et pour lesquelles, à l'initiative de la France, un dispositif de programmation conjointe européenne fait l'objet d'une expérimentation.

Les maladies infectieuses émergentes ou réémergentes qui nécessitent d'identifier leurs causes et agents pour développer des diagnostics, vaccins et traitements appropriés. Ces finalités appellent à croiser des recherches vétérinaires, environnementales et en santé humaine.

L'assistance à l'autonomie des personnes dépendantes. Qu'il s'agisse du champ des personnes de très grand âge ou du handicap, la question se pose de savoir dans quelle mesure il est possible de retarder, puis d'accompagner la dépendance. La recherche dans ce domaine ne peut être que pluridisciplinaire : technologique, médicale, économique, sociale et organisationnelle. Or, alors que les équipes de recherche sont en pointe dans la plupart de ces domaines, la convergence des approches n'est pas acquise en France à la différence d'autres pays.

Outre les besoins en formation et organisation territoriale, un des enjeux majeurs ici consiste à assurer une programmation française cohérente et lisible sur des thématiques essentielles et toujours plus nombreuses. Cette programmation doit inclure, dès la phase d'orientation, un processus de concertation entre acteurs scientifiques, d'une part, et porteurs d'enjeux, d'autre part. La création en avril 2009 de l'Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé, qui réunit les principaux acteurs institutionnels du domaine, devrait répondre à ce besoin. Cette alliance permettra notamment de mieux se positionner au niveau européen dans la mise en œuvre de la programmation conjointe.

Développer une alimentation adaptée à la diversité des citoyens et de leurs attentes

La prévention de certaines des pathologies les plus fréquentes (obésité, cancers, maladies cardiovasculaires, diabète) passe par une optimisation des pratiques alimentaires, pour lesquelles l'information et l'éducation sont les principaux vecteurs. Les études épidémiologiques, interventionnelles, et les études comportementales des consommateurs sont, à ce titre, décisives.

Une alimentation saine et sécurisée suppose également de renforcer la sécurité des aliments par leur traçabilité, la compréhension des mécanismes d'apparition d'agents toxiques et infectieux, leur détection et leur prévention.

Outre la santé, l'alimentation véhicule aussi d'autres éléments de bien-être : respect de l'environnement, aspects organoleptiques, identité culturelle... La France bénéficie d'une image internationale dans ce domaine, qu'il lui appartiendra de valoriser en combinant au mieux tous ces aspects.

Accroître la capacité d'innovation des entreprises

L'ingénierie du vivant, les biotechnologies et la biologie synthétique ouvrent des opportunités de développement industriel considérables que les entreprises françaises de biotechnologie ont du mal à saisir. Les solutions passent par un renforcement des partenariats public-privé, de la culture entrepreneuriale des chercheurs et des possibilités de financement pour les jeunes entreprises du secteur.

Le développement des biotechnologies s'opère à l'interface entre milieux académique et industriel, notamment au sein des pôles de compétitivité orientés vers la santé qui associent en 'bioclusters' universités, centres de recherche publics et entreprises de biotechnologie. Ces dernières bénéficient du soutien des programmes de financement sur projets (comme les programmes partenariaux de l'ANR ou européens). Ces pôles doivent être renforcés pour mutualiser et professionnaliser les dispositifs de valorisation de la recherche publique, pour simplifier l'élaboration des partenariats public-privé et pour soutenir la dynamique de l'innovation.

Un plan d'aide devra être élaboré sur la base d'un bilan approfondi du plan Biotech 2003 afin d'identifier les mesures les plus efficaces pour soutenir l'innovation en biotechnologies. Il s'agit notamment d'aider la croissance des PME, grâce à un environnement général plus favorable mais aussi à des initiatives telles que la constitution de fonds de co-investissement public-privé à l'instar de celui envisagé dans le cadre du fonds stratégique d'investissement. La stimulation de la demande des grandes entreprises ou des pouvoirs publics est une voie complémentaire, qui pourrait être particulièrement utile pour développer les biotechnologies de l'environnement.

Par ailleurs, dans le domaine médical, la recherche translationnelle qui fait le lien entre chercheurs académiques ou industriels et cliniciens-chercheurs est essentielle et doit être renforcée, à travers des infrastructures dédiées. Au niveau européen, la mise en place de telles infrastructures est en cours dans le cadre du forum stratégique européen pour les infrastructures de recherche (European Strategy Forum on Research Infrastructures, ESFRI) : le renforcement de la participation de la France au projet d'infrastructure européenne pour la recherche translationnelle (European Advanced Translational Research Infrastructure, EATRIS) devrait remédier à la pénurie au niveau national dans ce domaine et servir d'expérience pilote.

L'urgence environnementale et les écotechnologies

Enjeux

Un enjeu vital pour l'humanité

L'activité de l'homme a désormais un effet observable sur les équilibres de la planète, comme en témoignent le changement climatique, l'épuisement des ressources et l'érosion de la biodiversité. Les effets sur l'état de la planète de la démographie mondiale et des modes de développement actuels se conjuguent et induisent un risque de modifications irréversibles des conditions environnementales dont dépendent les populations, les sociétés et les progrès économiques. Sir Nicholas Stern, dans son rapport d'octobre 2006, évaluait les coûts du changement climatique entre 5 et 20% du PIB mondial en 2050, alors qu'un investissement de 1% du PIB mondial par an dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre permettrait d'éviter cette perte économique. Même si ces chiffres peuvent évoluer avec l'état des connaissances et les hypothèses sur la croissance durable dans le monde, ils donnent des ordres de grandeur de l'enjeu.

Ces menaces imposent de repenser les modes de vie et de promouvoir une gestion appropriée des biens publics mondiaux. Devant cette urgence, l'Europe s'est fixée des objectifs ambitieux à l'horizon 2020 : réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre, augmenter à 20% la part des énergies renouvelables et améliorer de 20% l'efficacité énergétique. Les ressources fossiles qui assurent 80% des besoins énergétiques mondiaux actuels ne constituent pas une solution durable, ni en termes de changement climatique, ni en termes de croissance économique.

L'enjeu de la production alimentaire apparaît également comme tout à fait majeur pour les décennies à venir. La population mondiale devrait passer de 6,5 milliards de personnes actuellement à 9 milliards environ en 2050. Combinée aux changements des habitudes alimentaires, cette évolution démographique fera croître considérablement la demande agricole alors même qu'apparaissent des tensions sur l'usage des terres entre milieux naturels et cultivés, et en termes d'allocation entre finalités alimentaires et non alimentaires. Il ne s'agit donc pas seulement de produire plus, mais de produire mieux. L'urgence est grande : mi-juin 2009, le fonds des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture soulignait que le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde au sens des recommandations de l'OMS venait de dépasser un milliard.

Dans cette perspective, la recherche joue un rôle essentiel pour inverser la tendance environnementale, préserver la biodiversité et les milieux, concevoir de nouvelles solutions énergétiques et réduire les émissions de gaz à effet de serre. La stratégie nationale de recherche et d'innovation porte ainsi les recommandations issues du comité opérationnel « Recherche » du *Grenelle de l'environnement*, lancé en 2007, et s'intègre dans le Plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Set Plan).

Un fort potentiel économique

Si la France réussit sa « mue environnementale », environ 600 000 emplois pourront être créés dans les dix prochaines années, principalement dans les secteurs du bâtiment, des infrastructures et des énergies renouvelables. C'est aussi près de 450 Mds € d'activité économique qui seront générés dans la même période. C'est enfin une réduction de la facture énergétique française, de l'ordre de 25 % et donc une amélioration de la balance commerciale.

La France détient une position de tout premier rang mondial dans les énergies traditionnelles (électronucléaire, hydrocarbures) avec des acteurs industriels et des acteurs de la recherche publique leaders dans leur domaine et ayant une longue tradition de partenariat. Cependant sur les nouvelles technologies de l'énergie, elle est en retrait par rapport à d'autres pays européens comme l'Allemagne, malgré une recherche active en nanotechnologies.

La France se situe au second rang mondial des pays exportateurs agro-alimentaires, derrière les États-Unis. Les activités liées à l'alimentation et à la gestion des milieux et des ressources sont, plus que jamais, déterminantes pour notre pays. Elles irriguent le territoire, jouent un rôle économique majeur et sont stratégiques en matière d'environnement, de sécurité alimentaire et d'accès aux ressources. Le défi est ici d'améliorer le bilan environnemental en faisant évoluer les systèmes de production et de transformation, tout en conservant leur compétitivité.

La mise en place d'une nouvelle économie environnementale repose sur de nouveaux outils financiers (bourse du carbone, financement de nouvelles filières et de reconversions industrielles), et d'assurance (risques environnementaux, investissements responsables). Elle constitue une opportunité pour les secteurs d'excellence que sont la banque et les assurances, qui peuvent s'appuyer sur une recherche académique particulièrement solide.

Mieux comprendre l'évolution du climat et des écosystèmes

L'effort de recherche français doit continuer à s'inscrire au meilleur niveau dans le cadre du GIEC (groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat) dont les travaux permettent de scénariser l'évolution du climat sur le moyen et long terme, en fonction de différentes hypothèses sur les émissions de gaz à effet de serre.

Les marges de progrès sont considérables dans la modélisation du climat et de son évolution. Les défis à relever sont nombreux, de la densification spatiale et temporelle des données à la régionalisation des modèles d'évolution climatique, en passant par une meilleure compréhension du rôle des différents compartiments et de leurs couplages. Ce champ de recherche doit pouvoir mobiliser de manière intensive, dans un cadre qui sera souvent international, de grandes infrastructures de recherche telles que des moyens de calcul et une large palette d'instruments, tant spatiaux qu'*in situ*.

A l'image des travaux sur le climat, une avancée majeure sera de modéliser l'évolution des écosystèmes sur le long terme. Cela nécessite de comprendre la dynamique des ressources biologiques, l'évolution des écosystèmes et de leurs composants, d'être en capacité de mesurer les impacts des activités socio-économiques. Les domaines scientifiques pertinents relèvent des sciences du vivant et de l'environnement, ainsi que des sciences humaines et sociales.

Modéliser de façon intégrée les différents types de ressources et services fournis par les milieux et les écosystèmes (eaux, sols, sous-sols, milieux terrestres, aquatiques, marins, côtiers), permettra d'évaluer les impacts sur la demande, de mettre en perspective les besoins et de fixer ainsi des objectifs sur le long terme. L'économie environnementale naissante devra intégrer de manière pertinente l'ensemble de ces éléments qui concernent notamment les secteurs industriels, agricoles, de gestion et de traitement de l'eau et des déchets.

En matière de risques environnementaux, la **recherche sur l'écotoxicologie et l'écologie environnementale** permet de comprendre et de prédire les processus de transfert et les effets sur l'environnement et la santé humaine de contaminants. Elle appelle un dialogue renforcé entre les chercheurs eux-mêmes, ainsi qu'entre chercheurs, entreprises et autorités publiques. Le soutien à la Fondation pour la recherche sur la biodiversité ainsi que le projet de plate-forme intergouvernementale d'expertise sur la biodiversité et les services écosystémiques (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES) portée par la France s'inscrivent dans cet objectif.

Maîtriser l'énergie dans quatre domaines clés

Par son choix de l'énergie nucléaire, la France est moins soumise que d'autres puissances économiques aux aléas énergétiques. Leader dans l'industrie nucléaire, elle entend conforter sa position tout en développant les énergies propres et notamment le solaire photovoltaïque, les biocarburants de seconde génération et les énergies marines. A chaque euro dépensé par l'Etat pour la recherche sur le nucléaire devra correspondre un euro pour la recherche sur les énergies propres et la préservation de l'environnement.

Le nucléaire : les recherches fondamentales et technologiques doivent répondre à l'accroissement de la demande énergétique mondiale, en inscrivant l'énergie nucléaire dans une logique de développement durable, par exemple par le développement des réacteurs de quatrième génération. Cela nécessite d'anticiper les sauts technologiques (caloporteurs gaz ou métalliques, tenue des matériaux sous irradiation et haute température), et une mise à niveau permanente de nos outils de recherche (réacteurs de recherche, installations du cycle du combustible). Parallèlement, il est indispensable d'étudier les meilleures solutions de gestion des déchets radioactifs, notamment dans le cadre de la loi de 2006 sur les matières et déchets radioactifs.

Le solaire photovoltaïque : le réseau INES (institut national de l'énergie solaire) soutien la création d'une filière industrielle photovoltaïque, s'appuyant notamment sur le projet PV Alliance qui réunit le CEA, EDF Energies nouvelles et Photowatt. Les technologies de couches minces, qui constituent le commencement d'une rupture technologique, et la recherche sur les matériaux organiques devraient permettre au solaire photovoltaïque de gagner en compétitivité, à condition de conserver une capacité industrielle suffisante sur le territoire.

Les biocarburants de deuxième génération : deux familles de procédés, thermique et biologique, permettent d'envisager la valorisation de la plante entière. Cependant, l'organisation et la structuration des filières d'approvisionnement restent, dans les deux cas, une préoccupation importante justifiant l'action conjointe de l'Etat et du secteur privé.

Les énergies marines : deuxième puissance maritime mondiale par sa zone économique exclusive (ZEE), notamment grâce à l'Outre-mer, la France dispose d'un réel potentiel dans ce domaine. Cependant, les technologies pouvant prétendre au stade industriel sont encore rares, et l'environnement marin rend difficile la mise en place et la maintenance des installations.

Toutes ces technologies demandent de développer des approches « systèmes » dans le cadre de projets complexes et transversaux, capables à la fois d'intégrer les dernières avancées de la recherche amont et de faire remonter vers elle les problématiques scientifiques. De ce fait, on assiste au plan mondial, tant côté Etats-Unis/Japon que du côté Chine/Inde, à la création de « centres d'intégration des technologies » qui concentrent moyens et compétences pour atteindre masse critique et stature internationale. L'utilisation optimale de ces centres d'intégration nécessite de les irriguer en amont par des communautés de la connaissance réparties sur le territoire national et aptes, par un soutien approprié, à leur assurer un indispensable renouvellement. Il est également nécessaire de les connecter en aval de manière très étroite avec les industriels du domaine afin d'assurer une valorisation forte des innovations technologiques et de garantir un retour d'expérience conséquent vers la recherche amont.

La France entend développer des centres d'intégration pour chacune des voies technologiques retenues en renforçant les sites existants ou en création (comme pour le photovoltaïque avec Ines, ou pour le stockage de l'énergie). Ces centres ont vocation à devenir des acteurs de premier plan au niveau international, et à se fédérer sous forme d'alliances avec leurs homologues européens. En parallèle, il conviendra de miser sur le développement du stockage du CO₂, la conversion de l'énergie, notamment par la technologie des piles à combustible, et l'économie de l'hydrogène, qui contribueront également à limiter les effets du changement climatique.

Promouvoir villes et mobilités durables

L'atteinte des objectifs du développement durable dans des conditions acceptables pour les citoyens demande un changement important dans la conception et le fonctionnement des systèmes urbains et de leurs réseaux, une modification progressive mais significative de nos modes de vie et le développement de services innervant l'ensemble de la vie sociale et économique. Ainsi la globalisation et le développement de la société de la connaissance conduisent à un accroissement très fort de l'urbanisation mondiale et de la mobilité des personnes et des biens. De plus, une part très importante des émissions de gaz à effet de serre concerne le secteur de l'immobilier d'habitat et tertiaire ainsi que celui des transports.

D'un point de vue global, des disciplines telles que l'urbanisme, l'économie, la sociologie des organisations, les sciences de l'information et la recherche opérationnelle sont certainement des contributeurs importants, à côté des sciences dures et de l'ingénierie.

La sobriété énergétique dans les transports, le bâtiment et les procédés industriels ou agricoles, est à la base du découplage entre croissance économique et consommation énergétique. Dans les secteurs où l'énergie est une préoccupation majeure, les techniques innovantes d'optimisation sont une des solutions pour réduire la consommation énergétique :

- **dans le secteur des transports** : les motorisations actuelles bénéficient encore de marges de progrès importantes mais il faut préparer une rupture vers le véhicule électrique en passant par l'hybridation. Les moyens de transports collectifs doivent aussi poursuivre leur mutation vers des technologies innovantes. Le transport aérien, notamment dans un cadre européen, doit réduire ses émissions de gaz à effet de serre et sonores, à la fois à la source, par l'usage des technologies satellitaires de navigation et par une défragmentation de l'espace aérien. Tous ces modes de transport doivent employer des matériaux plus légers, plus performants et plus recyclables ;
- **dans le secteur du bâtiment** : l'objectif est de réduire les consommations énergétiques des bâtiments neufs et existants. Les équipements et systèmes énergétiques doivent se miniaturiser et stocker l'énergie. A l'horizon 2050, c'est le bâtiment à énergie positive qui est visé grâce notamment à l'apport de l'énergie solaire.

Dans ces deux cas, **l'usage des nanotechnologies et la conception de matériaux intelligents sera un facteur crucial** pour atteindre les objectifs globaux en termes de protection de l'environnement et de développement durable. Par ailleurs, la disponibilité de technologies de rupture permettant de remplir les objectifs et leur diffusion envisagée dans les parcs (logements, véhicules, procédés) nécessitent de valider un certain nombre d'options et d'anticiper les usages concrets qu'en feront les citoyens, en amont de l'ouverture des marchés. Certaines de ces options ne trouveront de marché qu'à partir de 2020 ou au-delà. Cet horizon est lointain au regard des stratégies des entreprises et il est nécessaire de procéder à des expérimentations, dès à présent. Pour tenir compte de la probable nécessité de passer par plusieurs étapes avant d'atteindre les objectifs, des démonstrateurs de recherche doivent être développés.

Développer les écotecnologies et l'éco-conception

Développer des **écotechnologies** permet de concevoir des produits et des services compétitifs avec un impact environnemental faible, voire nul, tout au long de leur cycle de vie. Les applications sont extrêmement variées et concernent les sujets évoqués ci-dessus, mais plus généralement l'ensemble de l'activité économique.

La **chimie « verte »** constitue un domaine particulier où la France, forte de ses atouts et de son tissu industriel, doit se positionner. Elle contribue à développer de nouvelles solutions pour réduire et éliminer à terme l'usage et la génération de substances polluantes par le biais de procédés chimiques innovants ou de nouvelles applications offertes par la biologie synthétique.

Par définition, l'**éco-conception** sollicite de nombreux domaines scientifiques, mais aussi ceux de la création industrielle et architecturale, et la palette variée des applications à développer ne peut venir que d'un dialogue pluridisciplinaire et d'un partenariat rapproché avec les entreprises, les designers et les architectes. L'impact environnemental d'un produit ou d'un service tout au long de son cycle de vie est une donnée essentielle pour éduquer le consommateur, orienter la R&D industrielle, susciter de nouvelles recherches ou éclairer les politiques publiques.

Enjeux

Une accélération sans précédent du progrès technologique

Les sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) sont à l'origine d'une « troisième révolution industrielle ». Les bouleversements socio-économiques qui les accompagnent sont comparables à ceux occasionnés par l'apparition du moteur à vapeur puis celle de l'électricité. Omniprésentes et diffusées à une large échelle, elles sont à l'origine d'évolutions radicales dans nos sociétés modernes, au plan collectif ou individuel, professionnel ou domestique, dans la communication, les médias et les transports.

Les outils actuels comme le « web 2.0 », les réseaux à très haut débit ou les solutions en « intelligence ambiante », les besoins toujours plus importants en matière de modélisation et de simulation, de stockage et traitement de grandes masses de données, laissent entrevoir de grands défis pour les chercheurs de ces disciplines. La technique de fabrication des circuits électroniques est appelée à évoluer, et de nouveaux procédés s'appuyant sur les nanotechnologies ouvriront la voie à l'électronique de demain qui bouleversera encore davantage le monde numérique et ses usages.

Par ailleurs, l'avènement du numérique a placé les mathématiques comme une composante de première importance pour de nombreuses avancées scientifiques à la base d'applications innovantes telles que la cryptologie et la sécurité bancaire, les mathématiques financières, la modélisation ou la compression des images.

Ces dernières années l'ont montré, le développement de solutions technologiques doit se faire en intégrant les évolutions culturelles, sociologiques, éthiques et juridiques. Ceci, non seulement pour offrir des solutions mieux adaptées aux usages et aux utilisateurs, mais aussi pour maîtriser les problèmes induits : contenus et téléchargements illégaux, sécurité du commerce en ligne et lutte contre la cybercriminalité.

Un enjeu économique majeur

Les STIC permettent de renouveler les processus de création, de production et de distribution, ce qui les place au cœur du progrès économique et technologique dans tous les secteurs d'activité. Depuis 10 ans, elles représentent plus du quart de la croissance de l'économie et 40 % du gain de productivité grâce à leur diffusion des innovations du secteur à l'ensemble du tissu économique. Il convient donc de repenser la place du numérique non seulement comme résultante de l'évolution technologique, mais comme un de ses moteurs essentiels.

Les STIC contribuent à répondre à des enjeux sociétaux majeurs : au vieillissement de la population avec l'e-santé, qui aidera notamment au maintien à domicile de personnes âgées ; à la lutte contre le changement climatique, avec les écotecnologies ; à la prévention des risques terroristes et naturels, avec l'amélioration constante des systèmes d'enregistrement et de traitement de l'information ; à l'amélioration de la productivité des services publics et de leur qualité pour l'utilisateur.

En particulier, les STIC contribuent à la compétitivité d'industries d'avenir hautement stratégiques et dans lesquelles la France a des positions fortes, comme l'aéronautique, la défense, la santé ou l'énergie. L'existence de grandes sociétés dans le domaine des télécommunications et du multimédia (France Telecom, Alcatel Lucent ...), des composants pour systèmes embarqués (ST Microelectronics, Thales...) ou des calculateurs (Bull) ainsi que d'importantes sociétés de services informatiques (Cap Gemini, Atos Origin) montrent que la France est présente sur le créneau porteur des STIC. Néanmoins, les positions sont moins favorables en matière d'édition de logiciels, avec quelques rares sociétés dans le peloton de tête (essentiellement Dassault Systèmes après le rachat de Business Objects et d'Ilog par des sociétés étrangères).

Cependant, l'industrie du logiciel reste un domaine où de petites sociétés peuvent rapidement devenir des champions internationaux si elles sont bien accompagnées. La France est plutôt bien placée en termes de création de startups⁵, donc en matière de valorisation directe de travaux de recherche. Cependant, contrairement à la situation aux Etats-Unis, l'absence de dispositifs de soutien et d'écosystèmes favorisant leur croissance pose un problème d'environnement économique : les chercheurs et les sociétés innovantes parviennent plus difficilement à attirer des capitaux pour la phase d'industrialisation de leurs travaux. D'autres facteurs d'explication peuvent être avancés comme la difficulté d'accès à un marché européen trop fragmenté.

⁵ France numérique 2012. Plan de développement de l'économie numérique, octobre 2008.

Préparer l'Internet du futur et renforcer la sécurité informatique

Les **nouvelles technologies de l'information** reposent sur des infrastructures-clés, en premier lieu Internet. Or ce réseau va connaître encore de profondes transformations avec l'arrivée de nouvelles infrastructures suscitant un nombre sans précédent de services web et d'applications nomades, utilisables sur un téléphone portable. Les choix technologiques initiaux sont parfois inadaptés aux besoins des applications et des utilisateurs actuels, exigeants en termes de mobilité, de débit ou de portabilité. Il est donc nécessaire d'adapter l'architecture de l'Internet à des flux encore plus élevés et hétérogènes, ainsi qu'à de nouveaux modes d'accès. Cette nouvelle structure se présente comme l'« Internet du Futur » et constitue un enjeu économique et de souveraineté majeur pour la France et ses partenaires européens. Le développement quasi exclusif de la plupart des grandes infrastructures numériques de communication (réseau Internet, GPS, mais aussi moteurs de recherche, mémoire digitale, etc.) en dehors de l'Union européenne est préoccupant.

Avec l'utilisation croissante des technologies de l'information et la complexité grandissante des systèmes (hétérogénéité des flux de transmission), la sécurité des systèmes numériques est devenue une problématique sociale et économique, mais aussi politique. La mobilité des utilisateurs, la demande d'accessibilité de données et de dématérialisation de procédures (obtention d'actes d'état civil en ligne par exemple) ainsi que l'utilisation diffusante des technologies numériques font que les points de vulnérabilité sont de plus en plus nombreux sur toutes les couches des systèmes d'information (réseaux, protocoles, systèmes d'exploitation, applications, données). Les progrès qui seront obtenus dans ce domaine pourront permettre à la France de renforcer sa position sur le marché de l'économie de la sécurité, marché en très forte croissance et encore largement dominé par les Etats-Unis.

Pour faire face à ces défis, il convient de cibler les efforts sur un petit nombre de laboratoires pilotes, pluridisciplinaires, articulés avec les pôles de compétitivité, capables d'attirer les meilleurs acteurs du domaine et s'appuyant sur un ensemble de plates-formes et systèmes d'expérimentation *ad hoc* : grilles de recherche, intelligence ambiante, etc. L'Institut européen de technologies (IET) pourrait renforcer ce dispositif en lui donnant une dimension européenne.

Repenser l'intégration matériel-logiciel

La distinction traditionnelle entre le matériel (« hardware ») et le logiciel (« software ») est battue en brèche à la fois par l'offre technologique liée aux nanosciences et par la demande toujours croissante en systèmes embarqués.

La **miniaturisation** permet la fabrication de systèmes de plus en plus complexes sur des circuits de plus en plus petits. Les applications sont innombrables et concernent aussi bien les circuits à haute densité des nouveaux ordinateurs que les nouveaux capteurs intégrés utilisés notamment dans les nouvelles technologies de l'environnement.

Le **développement des objets intelligents** nécessaires à tous les secteurs industriels (automobile, aéronautique, spatial, télécommunications, ...) passe par la diversification des fonctions intégrées sur les puces, comme les communications à ultra-faible puissance. A titre d'illustration, dans le domaine de la défense, ces nouvelles puces sont des éléments essentiels de la conception de dispositifs, mobiles (drones) ou non, permettant de détecter une menace.

La complexité croissante des systèmes entraîne un besoin accru d'architectures performantes, conçues conjointement par des chercheurs informaticiens et électroniciens afin d'intégrer la conception des circuits matériels et des couches logicielles basses pour accroître fonctionnalités, disponibilité et fiabilité. Ceci est d'autant plus vrai que la tendance actuelle vise, pour des raisons de performance (rapidité, consommation) et de coût, à poser le problème en termes d'adéquation matériel-logiciel par rapport à un usage particulier.

Développer de manière responsable les nanotechnologies en France

Nanosciences et nanotechnologies sont indissociables pour le développement des matériaux du futur. La France possède des atouts indéniables dans ces domaines et tant l'intérêt fondamental que les enjeux technologiques associés justifient le regroupement des forces sur le plan national et une collaboration active entre physiciens, chimistes et biologistes, ainsi qu'entre concepteurs, fabricants et utilisateurs. Une telle mise en commun des forces est essentielle pour explorer et développer en particulier trois domaines :

- la **nanoélectronique** ouvre de nouvelles perspectives scientifiques à partir d'effets physiques non exploités jusqu'à récemment (électronique quantique, électronique moléculaire, spintronique, nanophotonique, ...). De nouvelles opportunités en résultent, technologiques (électronique basse consommation) et applicatives (systèmes sur puce, objets communicants) ;
- les **nanomatériaux** et matériaux structurés à l'échelle nanométrique, présentent des propriétés nouvelles, liées à la taille ou à l'organisation (nanotubes de carbone, fullerènes, ...) ;
- les **nanobiotechnologies**, à la jonction entre le monde du vivant et de l'inerte, ouvrent la voie à de nombreuses possibilités d'applications, en particulier en biologie, en médecine et en agro-alimentaire.

Les trois domaines s'appuient sur trois compétences transverses essentielles : la nanofabrication et la nanocaractérisation ; la modélisation multi-échelle et multi-physique ; **la sécurité et la gestion des risques autour des nanomatériaux.**

Le projet « NanoInnov » doit positionner la France au premier plan de la compétition internationale dans ce domaine, notamment autour du pôle de Saclay en lien avec celui de Grenoble. Ce projet devra également s'inscrire dans une dynamique européenne au travers de l'IET.

Développer l'industrie du logiciel

Une forte capacité d'édition de logiciels originaux est un facteur essentiel à la compétitivité des entreprises de service (banques, assurances, logistique) et de haute ou moyenne technologie intégrant de l'intelligence embarquée (automobile, aéronautique).

L'industrie du logiciel est une industrie de main d'œuvre très qualifiée, où des pays émergents, tels que l'Inde et la Chine, exercent une forte pression concurrentielle. Les faiblesses de l'industrie française, dans ce domaine comme dans d'autres, concernent la culture du risque et de l'entrepreneuriat, les liens entre recherche et industrie, et avec les entreprises de capital risque. Elles ont aussi d'autres causes, plus spécifiques au secteur du logiciel :

- On retrouve souvent un déficit de culture numérique chez les décideurs et les entrepreneurs, et plus généralement des inégalités importantes face à l'outil numérique. Il importe que les fondements de l'informatique et les nouveaux enjeux du numérique figurent en bonne place dans l'offre d'éducation, du primaire jusqu'au supérieur, et dans la formation tout au long de la vie, si on veut mettre fin à ce fossé éducatif et culturel.
- La coexistence de deux organismes nationaux de recherche dans le domaine des sciences et technologies de l'information (CNRS et INRIA) ne permet pas de dynamiser et de structurer le considérable potentiel de recherche publique. Ces acteurs doivent coordonner leurs actions et construire une stratégie lisible, en associant étroitement les autres instituts de référence du domaine qui disposent à la fois de compétences clefs et d'une expérience reconnue de valorisation. Cette coordination doit en particulier associer la recherche menée au sein des universités et des grandes écoles. Elle permettra également de renforcer l'efficacité des mécanismes et dispositifs favorisant l'innovation et le transfert.

