

# Comité opérationnel "Recherche"



*le Grenelle  
Environnement*

Rapport à

**Jean-Louis Borloo**

Ministre de l'Écologie, de l'Énergie,  
du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire

**Valérie Pécresse**

Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

8 septembre 2008

# Sommaire

1	Introduction : la deuxième "mi-temps" recherche	
2	<b>A• Analyser et comprendre</b>	
	1• Agriculture, eaux, milieux, biodiversité .....	2
	2• Santé et environnement .....	4
	3• Ville et mobilités.....	5
6	<b>B• Agir</b>	
	I• INVERSER LA TENDANCE .....	6
	1• Préserver les eaux, les milieux, la biodiversité.....	6
	2• Approfondir les recherches sur la diversité génétique pour innover.....	7
	3• Santé et environnement .....	7
	4• Réduire les émissions de gaz à effet de serre .....	8
	a• Énergie.....	8
	b• Habitat.....	10
	c• Transport et mobilité.....	11
	II• DES MOYENS D'ACTION INNOVANTS .....	12
	1• Des outils pour réduire les impacts.....	13
	2• Les démonstrateurs .....	13
	3• Les plates-formes de recherche.....	13
14	<b>C• S'adapter</b>	
	I• ALÉAS, ENJEUX, VULNÉRABILITÉ ET RISQUES .....	14
	II• LES RECHERCHES À ENTREPRENDRE : LE RISQUE, SON ÉCONOMIE, SES NORMES ET SES RÈGLES .....	15
	1• Développer observation et modélisation, pour mieux connaître les aléas .....	15
	2• Cartographier les enjeux .....	15
	3• Maîtriser le coût des choix .....	16
	III• NORMES, RÈGLES ET GOUVERNANCE DE L'ADAPTATION .....	16
17	<b>D• RENFORCER LES LIENS SCIENCE-SOCIÉTÉ</b>	
	I• RECHERCHE ET EXPERTISE SCIENTIFIQUE .....	17
	1• Généraliser et harmoniser les bonnes pratiques .....	17
	2• Encourager une pratique d'expertise responsable et solidaire au sein des établissements.....	17
	3• Développer la concertation pour faire progresser l'expertise scientifique.....	18
	II• PRISE EN COMPTE DES ATTENTES SOCIÉTALES.....	18
	1• Sollicitation des sciences humaines et sociales .....	18
	2• Communication et échanges avec les acteurs de la société .....	18
	3• Détection, appropriation et analyse des sujets émergents.....	19
	4• Traiter les alertes comme une ressource pour la recherche.....	19
20	<b>Tableau financier</b>	
21	<b>Conclusion et recommandations</b>	

## Annexes

1. Lettre de mission 2. Composition du comité opérationnel 3. Liste des personnes auditées  
4. Liste des contributions reçues 5. Rapports des groupes : a. Énergie, économie d'énergie  
et des matières premières • b. Transports et mobilité • c. Santé et environnement • d. Agriculture, milieux, eaux et biodiversité  
• e. Urbanisme, ville et habitat • f. Une recherche au service de la société et à son écoute  
6. Programme du séminaire du 25 avril et participants 7. Liste des 80 propositions du comité et correspondance  
avec les engagements du Grenelle de l'Environnement

# Introduction :

## la deuxième "mi-temps" recherche

---

Le Grenelle de l'Environnement a révélé des attentes fortes. Les engagements adoptés ont été organisés autour de quatre enjeux majeurs : lutter contre le changement climatique, préserver et gérer la biodiversité et les milieux naturels, préserver la santé et l'environnement, tout en stimulant l'économie, et instaurer une démocratie écologique. Afin de répondre concrètement à ces enjeux, trente-trois comités opérationnels ont été instaurés.

Les acteurs de la recherche se sont mobilisés, à la demande des ministres responsables du développement durable et de la recherche, au sein du comité opérationnel Recherche. Les objectifs de leur mission étaient d'apporter des éclairages sur les connaissances disponibles en matière de développement durable, d'identifier les nouveaux questionnements scientifiques, de proposer des actions en matière de recherche ou d'innovation à mettre en place, et d'identifier les compétences à créer ou à mobiliser par de nouveaux programmes impliquant les acteurs privés comme publics.

Le comité opérationnel Recherche a aussi centralisé l'ensemble des besoins en termes de recherche issus du Grenelle de l'environnement, en recueillant les avis des autres comités opérationnels concernant la recherche, et en coordonnant sa réflexion avec celle des Universités et des principaux organismes de recherche publics, tout en consultant largement les acteurs de la recherche industrielle, publique et privée.

Le développement durable suppose, entre autres sujets, une analyse raisonnée des risques technologiques à accepter pour soutenir la croissance économique et l'amélioration des conditions de vie, et une action vigoureuse pour prévenir ou s'adapter aux risques naturels résultant, entre autres, du changement climatique. Une attention particulière a été portée au rapport de l'Homme à son environnement, à l'évolution souhaitable des modes de vie, et donc aux contributions que pourraient fournir les sciences humaines et sociales dans l'analyse de la situation actuelle et de ses évolutions potentielles.

Pour structurer le travail du comité, cinq groupes ont été constitués autour des thèmes suivants : Énergie, économie d'énergie et de matières premières ; Transports et mobilité ; Santé et environnement ; Agriculture, milieux, eaux et biodiversité ; Urbanisme, ville et habitat. Des questions transverses ont également été au cœur des débats : l'adaptation au changement climatique, l'expertise, et les relations entre science et société. Les groupes ont travaillé à partir des conclusions du Grenelle dans la perspective de les rendre opérationnelles. Ils ont enrichi leurs analyses en prenant connaissance de rapports nationaux et internationaux, grâce à des auditions de personnes qualifiées et aux contributions écrites reçues des organisations identifiées (listes en annexe).

Ce rapport reprend en quatre parties les recommandations du comité opérationnel Recherche :

A• Quelle organisation pour **analyser et comprendre** les phénomènes actuels et rassembler les éléments nécessaires à l'établissement d'un diagnostic partagé ?

B• Quelles propositions d'actions de recherche visant à limiter la dégradation de l'environnement, à innover pour favoriser un éco-développement, et à répondre aux changements à diverses échelles ? Comment **agir** dans les secteurs essentiels ?

C• Quelles propositions pour **s'adapter**, notamment au changement climatique ?

D• Comment établir de nouveaux processus pour insérer toutes les parties dans les choix des grandes orientations scientifiques et **renforcer les liens entre la science et la société** à travers l'expertise et le dialogue ?

Ce rapport se termine par des propositions avec une partie financière transmise initialement en mai au Gouvernement, et des mesures d'accompagnement souhaitables. Les financements indiqués ont été ajustés de façon à s'inscrire dans l'objectif fixé par le président de la République, dans sa déclaration du 25 octobre 2007, à savoir : *"un milliard d'euros sur quatre ans pour les énergies et les moteurs du futur, la biodiversité, la santé environnementale. Là où nous dépensons un euro pour la recherche nucléaire, nous dépenserons le même euro pour la recherche sur les technologies propres et sur la prévention des atteintes à l'environnement"*.

Le comité a volontairement retenu un nombre limité d'actions significatives pour que ce plan d'action soit le plus efficace et le plus réaliste possible compte tenu des moyens proposés.

## A. Analyser et comprendre

La recherche scientifique française est riche et diverse. Cependant, face aux nouveaux enjeux, les priorités de recherche doivent être réajustées et réorganisées. L'observation, l'analyse et la prévision sont des étapes essentielles. Elles ne peuvent cependant être dissociées de l'organisation de la recherche.

Que ce soit en faveur du développement durable ou de certains de ses constituants, comme la lutte contre le changement climatique, la préservation de la biodiversité et la préservation de la santé, la construction d'outils pour l'observation intervient en amont de toute action ou modélisation. Bien qu'il existe certains cas où la théorie et la modélisation précèdent l'expérience, le recueil des données est indispensable pour la construction des sciences expérimentales. Cela permet notamment de bâtir des modèles et des propositions d'actions. La conduite du changement préconisé par le Grenelle de l'environnement et porté par le Gouvernement ne peut donc s'envisager sans un système d'observation structuré, partagé et pérenne qui doit être construit dans un cadre interdisciplinaire et mis en commun. Il nécessite par ailleurs un effort particulier en matière de référentiels métrologiques.

Les informations à recueillir sont diverses et évolutives. À chaque problématique correspondent des questions et des données. Compte tenu du dynamisme de la recherche, il est nécessaire que le choix des données soit élaboré avec un large panel d'utilisateurs pour que le plus grand nombre se l'approprie. L'accessibilité des données est également de première importance. Il faudra aussi être attentif à la durée de vie des observatoires mis en place. Le géo-référencement des données est à développer tant pour analyser les effets du changement climatique et des changements d'usage des sols ainsi que les vulnérabilités des territoires que pour l'étude des espaces urbains et ruraux. Une observation par filière, notamment en agriculture, est également souhaitable, car elle permet la traçabilité des produits mais également des polluants. Les instruments d'observation satellitaire seront mobilisés. Enfin, l'observation peut jouer un rôle fédérateur pour la recherche. Par exemple, des systèmes d'observation urbaine interdisciplinaires permettraient de fédérer les efforts, de capitaliser les données et de favoriser les échanges et donc les collaborations.

À partir des observations, des théories et des recherches, la construction de modèles permet d'imaginer les possibles et tente de réduire les incertitudes. La modélisation est un outil majeur d'action pour la recherche à tous niveaux. Des outils de prévision, basés sur des modèles fiables se prêtant de façon pertinente à l'extrapolation à long terme, sont nécessaires et seront à mobiliser de manière plus fine dans la définition des priorités de recherche, en amont des choix les plus importants.

Au-delà des observations et de la modélisation des processus, les chercheurs doivent développer compétences et savoirs dans différents domaines scientifiques afin de relever les défis majeurs actuels. Le travail réalisé par le comité a mis en évidence la nécessité de renforcer certains domaines. Il est aujourd'hui nécessaire de focaliser et de renforcer la recherche sur, notamment, le fonctionnement des sols, la toxicologie et l'écotoxicologie <sup>1</sup>.

Ci-dessous sont développés pour les trois thèmes que sont agriculture, eaux, milieux, biodiversité ; santé et environnement ; ville et mobilités, les éléments nécessaires à leur analyse accompagnés des principales propositions de recherche du Comité opérationnel.

### 1• Agriculture, eaux, milieux, biodiversité

Pour en apprécier la richesse et surtout mieux appréhender leurs déterminants et leurs fonctionnements, les eaux, les milieux et la biodiversité doivent être analysés à toutes les échelles, de l'espèce à l'écosystème, du sol au territoire. L'observation naturaliste doit conduire à la préservation de la biodiversité et des services rendus par les écosystèmes. Au-delà de l'observation, la compréhension et l'analyse de domaines doivent être approfondies et particulièrement le fonctionnement des sols <sup>2</sup> (terre agricole, forêt, sols pollués...) et des systèmes aquatiques. Cela implique également des avancées en écologie fondamentale. Il s'agit de comprendre les multiples interactions existantes dans le vivant aux diverses échelles. Les efforts devront être soutenus, du recueil des données, qui nécessite une amélioration des procédures et un maintien des compétences, jusqu'à leur analyse, qui doit pouvoir bénéficier des progrès de l'informatisation et de la modélisation des systèmes complexes.

**PROPOSITION • Instruments d'observation environnementale : le développement d'outils partagés.**

La conduite du changement préconisé par le Grenelle de l'environnement et porté par le Gouvernement ne peut s'envisager sans un système d'observation structuré et pérenne capable de s'intégrer et d'échanger avec ses homologues européens et des autres pays.

<sup>1</sup> La toxicologie est l'étude des effets des substances toxiques (des poisons) sur la santé humaine. L'écotoxicologie est l'étude de ces mêmes poisons dans l'environnement. Par étude, il est entendu l'analyse des substances toxiques, leur origine, les circonstances de leur contact avec l'organisme ou le milieu, la modélisation et l'observation de leur devenir et de leurs effets sur ces derniers, les moyens de les déceler et de les combattre.

<sup>2</sup> Le sol est composé de matières et d'organismes en interaction constante, il s'agit d'étudier les composants et les dynamiques présentes.

Ainsi, les observatoires de recherche en environnement (ORE) doivent être maintenus et développés. Il s'agit de dispositifs de recherche permettant la mesure coordonnée de différentes variables caractéristiques du fonctionnement des écosystèmes sur de longues séries chronologiques en fonction de changements globaux, climatiques ou liés à l'activité humaine (anthropiques).

Les réseaux d'observation existants doivent être renforcés en visant une intégration des instruments d'observation *in situ*, des plates-formes de modélisation et des instruments d'observation satellitaire. Des outils d'observation complémentaires, choisis au niveau national et ouverts à l'ensemble de la communauté scientifique concernée, seront mis en place par les organismes de recherche compétents, dans les quatre années à venir, ce qui bénéficiera également à la structuration de banques de données "éco-informatiques" qui devront être capables de communiquer entre elles. Des liens entre l'observation de routine pour la mise en œuvre des politiques publiques et l'observation à vocation scientifique devront être créés. L'ensemble, cohérent et interopérable, devra viser une intégration au sein des initiatives GMES<sup>3</sup> au niveau européen et GEOSS<sup>4</sup> au niveau mondial.

Pour l'observation du changement climatique, il est nécessaire d'apprécier les conséquences locales en termes de température, de régimes de précipitation ou de fréquence des événements extrêmes. Ces données seront progressivement affinées par les physiciens du climat, mais il convient d'étudier leur incidence sur le vivant et particulièrement sur la richesse de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Des travaux régionalisés de prospective seront utiles pour anticiper.

**PROPOSITION • Programme de recherche sur la biodiversité, et abondement de la Fondation scientifique.**

La diversité biologique augmente la capacité des écosystèmes à récupérer après un traumatisme (résilience) et permet le fonctionnement durable. La biodiversité est menacée par la disparition d'espèces et par de nombreuses autres causes telles que le développement incontrôlable d'espèces exotiques invasives (favorisé par les changements globaux) et le manque de considération portée jusqu'à présent à l'entretien de la couche vivante du sol. Les recherches dans ces domaines doivent connaître une nouvelle dynamique et impliquer un nombre croissant d'équipes dans les disciplines fondamentales comme appliquées, de la biologie aux mathématiques. Il convient également de soutenir la nouvelle Fondation de coopération scientifique sur la biodiversité créée en février 2008, qui sera un outil essentiel pour la cohérence nationale de ces recherches et pour leur intégration dans les dispositifs internationaux.

**PROPOSITION • Développer les recherches sur les forêts et les sols.**

Les forêts sont devenues un enjeu majeur, en particulier en relation avec la lutte contre le changement climatique et les besoins de stockage du carbone. Les attentes de la société concernent désormais une démarche territoriale concertée dans le respect de la gestion multifonctionnelle des forêts. Il faut promouvoir une gestion de la diversité à tous les niveaux (paysages, espèces, intraspécifique) pour augmenter la résilience des écosystèmes, et ne pas négliger l'analyse rétrospective des processus évolutifs et de l'adaptation des espèces sur de grandes échelles spatiales et temporelles, en combinant les approches écologique et évolutive. Le comité propose de renforcer les recherches notamment vis-à-vis de la gestion des risques et de la vulnérabilité, et d'accélérer le transfert des connaissances de plantes modèles vers les autres espèces pour la compréhension du fonctionnement et de l'expression des gènes chez les arbres. Des approches globales (macroécologie, écologie quantitative) doivent se mettre en place, incontournables pour prédire l'évolution d'écosystèmes en réponse à des changements environnementaux majeurs. L'articulation recherche-développement, recherche-gestionnaire doit être également renforcée, afin d'identifier et de rémunérer par des mécanismes de marché les services écologiques rendus par la forêt.

Les sols jouent des rôles clé dans les grands cycles biogéochimiques. La nécessité de renforcer les recherches sur la biodiversité du sol et son importance fonctionnelle s'impose. Pour cela, le comité propose de renforcer la communauté scientifique pour l'étude des milieux vivants, et de promouvoir l'ouverture de cette communauté à d'autres disciplines (écologie, physico-chimie, etc.). Il est également nécessaire d'adapter la formation universitaire en ce sens. La mise en place de sites d'observation à long terme et de plates-formes pour l'étude des sols (type ORE, mini-écotrons, réseaux de suivi, comprenant des collections pertinentes d'échantillons) est à développer, avec des financements pérennes. Enfin, les relations entre la recherche sur la biodiversité des sols et les professionnels (monde agricole, forestier et industriel) doivent être soutenues.

**PROPOSITION • L'étude des impacts de la pollution sur l'environnement.**

De nombreux produits chimiques sont présents dans l'environnement, souvent en très faible quantité. Les effets immédiats de chacun de ces produits à des doses importantes sont relativement bien connus et documentés car des études sont conduites pour élaborer les dossiers d'autorisation de mise sur le marché. Mais les effets à faibles doses, combinés et chroniques, sur l'environnement et sur la santé humaine demandent à être précisés.

<sup>3</sup> Global monitoring of environment and security (programme conjoint de la Commission européenne et de l'Agence spatiale européenne).

<sup>4</sup> Global earth observation system of systems.

Il convient de soutenir la chimie de l'environnement, à la fois dans l'amélioration des techniques d'analyse, pour observer la dynamique de ces polluants, mais aussi dans la compréhension des phénomènes de transformation et d'interaction des substances chimiques dans l'environnement. Il faudra notamment développer la modélisation des processus de leur évolution dans les écosystèmes naturels et anthropisés (surfaces agricoles, espaces urbains).

Il est également important de caractériser les effets de ces polluants sur l'environnement en renforçant l'ensemble de nos capacités en écotoxicologie. Ce développement doit être coordonné avec celui de la toxicologie qui concerne les impacts sur la santé humaine afin de créer toutes les synergies possibles entre ces champs très proches.

## 2 • Santé et environnement

Des éléments de l'environnement peuvent avoir des conséquences sérieuses et constatées sur la santé de l'homme (pollution, exposition aux radiations...). Certains risques sont avérés, d'autres sont incertains mais nécessitent une vigilance. Les avancées dans la connaissance et la réduction des impacts sur l'environnement constituent à la fois une assurance pour la santé humaine et une assurance pour la compétitivité des entreprises.

On doit reconnaître une relative faiblesse de ce champ dans notre pays. Un effort conséquent dans la construction de capacités scientifiques pour améliorer les connaissances, puis les normes, est nécessaire, ainsi qu'une exigence d'interdisciplinarité entre sciences du vivant et sciences environnementales pour construire les équipes de recherche pertinentes dans ce domaine et développer le croisement des données relatives à la santé humaine et à l'environnement.

### PROPOSITION • Renforcement de la toxicologie et de l'écotoxicologie.

La recherche française en toxicologie est réduite à un petit nombre d'équipes. L'absence d'une communauté structurée de toxicologues capable de fournir des éléments de connaissance nécessaires notamment à l'évaluation des risques, porte préjudice à la capacité des pouvoirs publics à prendre les mesures de prévention nécessaires à la protection de la santé humaine et de la biodiversité au sein des milieux naturels.

Il est proposé d'encourager la mise en réseau de l'ensemble des acteurs de la recherche sur les mécanismes de toxicité et d'assurer l'émergence d'un centre d'une taille critique de niveau international.

Il est donc recommandé de créer un pôle national couplant la toxicologie et l'écotoxicologie et de lui donner les moyens d'atteindre une dimension internationale. À cet égard, le renforcement proposé du pôle existant en sud-Picardie autour de l'Ineris et de l'Université technologique de Compiègne contribuerait efficacement au développement de la toxicologie et de l'écotoxicologie comme recommandé dans le cadre du Grenelle.

Il existe également un enjeu pour la compétitivité des entreprises. Les industries ont besoin de connaître, mais aussi d'anticiper les risques sanitaires et environnementaux liés à leurs activités, produits et innovations. Il leur faut pour cela acquérir des connaissances approfondies sur les dangers des substances actuellement sur le marché, ainsi que des méthodes fiables de détermination des dangers toxiques. Les entreprises ont des difficultés à trouver en France le vivier d'experts nécessaires à la mise en œuvre du règlement européen REACH sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques. Les principaux objectifs de REACH sont une meilleure protection de la santé humaine et de l'environnement contre les risques que peuvent présenter les produits chimiques ; la promotion de méthodes d'essai alternatives ; la libre circulation des substances au sein du marché intérieur ; le renforcement de la compétitivité et de l'innovation. REACH fait porter à l'industrie la responsabilité d'évaluer et de gérer les risques liés aux produits chimiques et de fournir des informations de sécurité adéquates à leurs utilisateurs. En parallèle, l'Union européenne peut prendre des mesures supplémentaires concernant des substances extrêmement dangereuses, quand une action complémentaire au niveau européen se révèle nécessaire. Pour répondre aux exigences de REACH, la France manque d'experts pour instruire les dossiers, le comité propose de mettre en place des formations pour combler cette lacune.

### PROPOSITION • Croisement des données entre pathologies et présence de toxiques, pôles régionaux.

Le lien entre écotoxicologie et toxicologie doit être développé tant pour l'intégration des connaissances sur le devenir des substances avant d'atteindre leur cible biologique que pour les outils communs de connaissance des effets sur le vivant. Il semble qu'il émerge sur ces points de nouveaux paradigmes qui méritent d'être approfondis par les communautés scientifiques concernées. Le développement de biomarqueurs (indicateur biochimique présent dans un ou plusieurs organes d'un organisme en réponse à un contact avec un produit) constitue un lien entre les deux disciplines. À titre d'exemple, le secteur du risque nucléaire et de la radioprotection a développé des études épidémiologiques afin de mieux caractériser les risques liés aux faibles doses de rayonnement ionisant. Il conviendrait de tenir compte des synergies possibles avec ce secteur pour le renforcement de l'épidémiologie et de la toxicologie.

Afin de développer la recherche dans le champ santé-environnement et d'établir des liens étroits avec la santé-travail et l'expertise, il convient d'encourager un nombre limité de pôles régionaux fonctionnant en réseau, et de les choisir par appel d'offres en fonction de la qualité des projets proposés.

Il est également proposé de créer des formations pluridisciplinaires santé-travail-environnement-toxicologie dans l'enseignement supérieur. Les pôles de compétence devront être en lien avec les chaires thématiques de l'enseignement supérieur et avec les médecins de santé publique et santé-travail des centres hospitaliers universitaires (CHU), dans une logique de prévention. Les formations devront être construites de façon à être bien adaptées aux besoins nouveaux et à permettre la croissance forte des pôles.

### 3 • Ville et mobilités

Consommatrices d'espaces et concentrant population et activités, les villes ont un fort impact sur leur environnement proche ou lointain. Et elles sont vulnérables aux aléas naturels : inondations et pluies intenses, tempêtes, canicules ... Il existe une forte demande sociale en faveur d'une amélioration du cadre de vie en ville (qualité de l'habitat, bruit, pollution de l'air, restauration des sols urbains, qualité des eaux, aménagement des cours d'eau urbains) et des services (communication, mobilité, énergie). Sur le plan scientifique, l'intégration du fait urbain par les sciences humaines et sociales comme par les sciences de l'environnement est récente et encore parcellaire. L'environnement urbain est un thème abordé sous des formes diverses par plusieurs communautés : architecture/urbanisme, sciences de l'environnement, sciences de l'ingénierie, sciences du paysage, sciences politiques, sciences humaines et sociales. La communauté scientifique sur la ville, d'une façon générale, sur l'environnement urbain, d'une façon plus spécifique, reste à consolider en renforçant les pôles de compétitivité qui se sont créés pour prendre en charge cette thématique nouvelle. Il est donc recommandé de donner un coup d'accélérateur à la structuration en France d'un réseau coopératif des trois pôles de compétences existant (Marne-la-Vallée, Lyon et Nantes), de dimension internationale et centré sur les problèmes de la ville et de son environnement, en y faisant émerger une culture de l'intégration pluridisciplinaire.

En termes de dynamique urbaine et de mobilité, il est également nécessaire de mieux fédérer des équipes de recherche autour du thème de la modélisation environnementale de la ville, c'est-à-dire de la simulation du fonctionnement des zones urbaines, à plusieurs échelles, en interaction avec les évolutions globales, telles que l'évolution des comportements ou le changement climatique. Le développement de la modélisation comme outil d'aide à la concertation et à la décision, et comme outil d'évaluation des politiques publiques, notamment d'aménagement, est fondamental. Par exemple, la modélisation devra chercher à mettre en regard les objectifs énoncés dans les politiques d'aménagement urbain et les résultats observés en termes de mobilité, d'accès aux services, de coût du foncier, de zones naturelles protégées affectées par l'urbanisme, ou encore évaluer les nuisances sonores en influant sur l'évolution des motorisations et des modes de transport.

De plus, les travaux multidisciplinaires intégrant toutes les dimensions de l'évolution urbaine doivent être favorisés lors de l'élaboration de scénarios d'évolution des systèmes urbains. Ainsi, divers effets et impacts pourraient être mis en regard : les variations des prix (immobilier, énergie), les effets des infrastructures de transport (routes, métros, tramways, sites propres bus), les interactions du milieu urbain avec les éléments naturels (eau, air, sol, ...). La modélisation devra également être utilisée à des fins d'évaluation des impacts de projets urbains ou de modes de gestion de systèmes urbains. Enfin, elle pourra contribuer à la recherche de l'optimum énergétique d'une structuration urbaine en prenant en compte tant l'habitat et les services que les activités professionnelles et de loisirs avec les déplacements associés.

#### PROPOSITION • Collecte de données sur la ville.

Le développement des systèmes d'observation urbaine interdisciplinaires est la première recommandation du comité sur ce thème. Il permettrait de fédérer les efforts de recherche, de capitaliser les données et les expériences et de favoriser les échanges et donc les collaborations. Les moyens modernes (par exemple la géolocalisation) devraient renouveler les processus de collecte de données, une fois mises en place des solutions compatibles avec le respect de la vie privée, à l'instar de ce qui est fait dans le domaine de la santé. De plus, les systèmes d'observation permettraient de développer la recherche sur les questions de mobilité, de mixité d'activités et d'inégalités sociales.

L'observation viendra également enrichir la modélisation environnementale de la ville, c'est-à-dire la simulation du fonctionnement des zones urbaines à plusieurs échelles, en interaction avec les évolutions globales. Elle favorisera la mise en réseau des spécialistes de la ville, chercheurs, aménageurs ou praticiens. Le comité, afin de favoriser la mise en réseau des expériences, propose de soutenir les pôles de recherche régionaux qui existent déjà.

## B. Agir

Ce chapitre, indissociable du précédent, regroupe les propositions visant à lutter contre la dégradation de l'environnement et à réduire les pressions anthropiques globales et locales. Pour être en mesure d'agir, la recherche doit mobiliser des données, des modèles, des outils et des compétences. Afin de répondre aux enjeux de la biodiversité, des risques sanitaires et du changement climatique, la recherche doit se traduire en moyens d'action et doit permettre le développement de stratégies innovantes. Ces stratégies doivent répondre à un double objectif : inverser les tendances actuelles (émission de gaz à effet de serre, pression sur l'environnement et augmentation des risques) et s'adapter aux contraintes de notre environnement (perturbations climatiques, disponibilité énergétique, limitation des ressources...). Les propositions du comité opérationnel Recherche concernent à la fois les méthodes et les stratégies innovantes.

De nouvelles priorités sur de nouveaux offres et usages sont à déterminer : des offres nouvelles pour l'énergie, les transports, correspondant à de nouveaux usages, souhaitables ou souhaités. Dans de nombreux cas, l'effort actuel doit être poursuivi, par exemple dans le domaine du nucléaire, ou renforcé, comme dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie. Il est par ailleurs indispensable d'identifier un nombre limité de priorités, afin de ne pas disperser l'effort.

Toujours pour envisager les possibles, la feuille de route est un exercice de prospective, d'ordre technologique mais à finalité économique, conduisant à partager entre différents acteurs une ou des visions communes et cohérentes de l'évolution des technologies, à moyen et long termes. Elle débouche sur des priorités de recherche et un échéancier des résultats attendus jusqu'au déploiement de la technologie sur le marché. La feuille de route peut s'appliquer à un domaine de recherche, à une filière mettant en jeu différentes technologies (par exemple le photovoltaïque) ou à un usage faisant appel à diverses options technologiques, sociales ou organisationnelles (le véhicule et son carburant en 2050). Le comité recommande instamment qu'au niveau de l'État, soient élaborées des feuilles de route dans les principaux domaines de recherche actuels et à prévoir, et souligne son intérêt pour des stratégies quantifiées de compétitivité à long terme.

Afin d'apporter des réponses aux problématiques nouvelles, la recherche doit améliorer son organisation. Le comité n'a pas souhaité s'impliquer profondément sur ce sujet. Néanmoins, il apparaît que cette amélioration pourrait se traduire, selon les cas, par le renforcement des pôles et des réseaux de recherche et / ou par l'association de différentes disciplines et de divers acteurs.

Il est aussi recommandé de mettre en place les moyens juridiques permettant aux collectivités territoriales d'être pleinement partenaires d'actions de recherche ou d'innovation, et d'investir plus facilement dans des produits innovants dans leur phase de maturation. Les collectivités locales devraient également être mieux associées aux séminaires de présentation des résultats de recherche portant sur leur territoire et leurs domaines de compétence.

Enfin, dans le cadre du développement durable, les orientations et les choix technologiques doivent dorénavant s'appuyer sur des démarches comparatives qui prennent simultanément en considération des pas de temps longs ainsi que leurs conséquences environnementales, économiques et sociales. L'établissement de nouvelles normes et de règles pour conduire le développement éco-responsable et durable de notre société conditionnent l'acceptabilité sociale des choix technologiques. Notamment, l'intégration très précoce des sciences sociales dans la définition et dans la réalisation des programmes est recommandée. L'informatique et particulièrement l'informatique appliquée au domaine du vivant (la bio-informatique), l'économie du développement et les sciences politiques sont particulièrement concernées par ces sujets pour lesquels doivent être recherchées des collaborations étroites entre disciplines scientifiques.

### I• INVERSER LA TENDANCE

Les éléments présentés précédemment permettent de penser aux moyens de réduire les impacts afin de limiter les effets sur l'environnement, l'objectif étant d'inverser les tendances actuelles. Les propositions de recherche permettant de respecter les exigences d'un développement durable et de s'adapter aux changements climatiques sont présentées par la suite.

#### 1• Préserver les eaux, les milieux, la biodiversité

Dans le domaine des milieux naturels et anthropisés, des recommandations de recherche visent à réduire les pressions anthropiques et à améliorer l'état de l'environnement.

Afin de réduire l'impact de l'agriculture sur l'environnement, des mesures d'accompagnement adaptées doivent s'appuyer sur la promotion de nouvelles pratiques agricoles. Favoriser le développement des agricultures à haute valeur environnementale (Agriculture HVE), et notamment de l'agriculture biologique est identifié comme essentiel par le comité. Il s'agit d'une démarche globale et innovante permettant de réduire l'utilisation d'intrants (fertilisants, eau, etc.) et d'énergie. Elle intègre cet objectif très en amont dans la conception puis dans la conduite de systèmes de production agricole, afin de conserver également un niveau satisfaisant de production, de revenu et de qualité des produits. Les pratiques doivent s'appuyer sur

des bilans écologiques très larges. Il convient de renforcer les connaissances sur l'utilisation des ressources en eau, la fixation du carbone dans les sols (cultures annuelles et pluriannuelles, sylviculture), la résistance aux maladies. Ces recherches doivent être envisagées simultanément et à des échelles géographiques appropriées. Les secteurs très innovants et prometteurs que constituent notamment la culture des algues et la production de ressources végétales dédiées à la chimie (chimie verte) seront encouragés en intégrant très en amont la prise en compte de leur impact environnemental global. Ce plan d'actions suppose non seulement des travaux de recherche mais également une mobilisation des centres techniques pour la co-construction et la mise à l'épreuve des innovations, avec des moyens équivalents.

**PROPOSITION • Concevoir des systèmes agricoles à haute valeur environnementale et agriculture biologique, les valider, les diffuser (financement ANR - CASDAR).**

L'ingénierie écologique désigne la gestion de milieux et la conception d'aménagements durables, adaptatifs, multifonctionnels, inspirés de, ou basés sur, les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques (auto-organisation, diversité élevée, structures hétérogènes, résilience, par exemple). Le développement d'une ingénierie dédiée à l'écologie s'appliquerait aux problèmes complexes de la préservation et de la restauration de la biodiversité, de la gestion des cycles de l'eau, de la mise en place d'une agriculture "écologiquement productive" ou du maintien des paysages.

## 2• Approfondir les recherches sur la diversité génétique pour innover

Il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les liens existant entre gènes et fonctions pertinentes pour la préservation de l'environnement ou l'adaptation aux changements environnementaux globaux dans le domaine du vivant. Cette recherche fondamentale en génomique est indispensable à la compréhension des mécanismes d'adaptation des espèces. Elle pourra être rapidement transposée aux processus de sélection végétale (sélection variétale des semences), animale et microbienne. Cette dernière conditionne, avec la conservation des ressources génétiques qu'il convient de soutenir par ailleurs, les capacités de notre société à garder son dynamisme économique dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie alimentaire et à répondre aux enjeux du changement climatique (résistance à la sécheresse, à la salinité).

L'ensemble des parties prenantes du Grenelle, sur le dossier des organismes génétiquement modifiés (OGM), demande une poursuite des recherches dans le domaine des biotechnologies végétales, en apportant un soin particulier à l'identification et à la maîtrise des risques. Le comité souhaite souligner l'importance que notre pays reste compétent et que des essais puissent être maintenus, moyennant les précautions adéquates, y compris en plein champ.

L'expertise sur les OGM doit être renforcée, notamment pour répondre aux demandes des pays en voie de développement qui utilisent les OGM de première génération ou s'interrogent sur leur utilisation, et également pour préparer l'examen des générations suivantes d'OGM dont les avantages environnementaux pourraient être plus marqués, particulièrement en matière d'adaptation au changement climatique. Cette expertise devra être largement partagée et la possibilité de réunir les différentes parties prenantes au sein de comités de programmes de recherche dédiés au sujet doit être plus systématiquement envisagée sur ces sujets. Cela doit se traduire par un effort particulier de recherche sur l'exploration de la biodiversité naturelle, présente dans les centres de ressources génétiques pour les espèces cultivées, par génotypage et phénotypage afin de développer des capacités d'innovations variétales.

**PROPOSITION • Soutenir un programme de recherche ciblé sur les biotechnologies végétales, basé sur l'exploration de la biodiversité naturelle et le développement de méthodes performantes de sélection.**

## 3• Santé et environnement

Associées aux recommandations effectuées pour analyser les impacts des produits, de nouvelles approches méthodologiques généralisées aux risques sanitaires devraient permettre de relever ce défi scientifique qu'est la diminution des impacts de l'activité humaine sur l'Homme et son environnement et de mieux prévenir les risques. Les recherches publiques et privées pourraient déboucher également sur une valorisation industrielle.

L'analyse de cycle de vie (ACV) et l'éco-conception doivent être généralisées. Des méthodes de bilans environnementaux pour chaque type de produit, de sa création à sa destruction (déchet) ou recyclage, en passant par sa production et son utilisation, seront à établir progressivement. Elles conduiront à la discussion puis l'adoption de standards. L'éco-conception correspond à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception ou la re-conception de produits.

Il s'agit donc de développer des travaux de recherche sur la méthodologie des ACV en y intégrant des évaluations de risques géo-référencées. Il convient également de créer les formations supérieures idoines. La création de compétences pourrait avoir une dimension en matière d'éco-conception qui intègre l'ACV dès le départ du projet industriel.

L'éco-conception permet d'envisager une stratégie où le renforcement des exigences environnementales crée les conditions d'une nouvelle compétitivité. La prise en compte des risques sanitaires dès la conception des produits devrait devenir la règle dans l'élaboration des stratégies innovantes des entreprises. Il a été demandé par le comité une plus grande clarté dans les critères de dangerosité des déchets <sup>5</sup>.

L'anticipation des risques sanitaires converge avec la teneur du Grenelle, au sein duquel les organisations non gouvernementales (ONG) ont réclamé un changement de la gouvernance sur les risques, notamment sanitaires. La nécessité de la construction de la confiance sociale, par le dialogue sur les nouvelles technologies, est également soulignée.

#### PROPOSITION • Développement de la recherche sur les risques sanitaires.

Il s'agira de développer les recherches sur les thèmes émergents comme les maladies infectieuses vectorielles, les risques sanitaires liés au changement climatique, les polluants émergents, les radiofréquences, les nanoparticules. Par ailleurs, les outils de connaissance des sols doivent intégrer les connaissances sur l'écotoxicité des sols et leur impact sanitaire, les outils de remédiation et d'analyse de la relation coût-efficacité de la dépollution. Les recherches doivent déboucher ensuite sur la normalisation européenne et internationale des méthodes. Il conviendra également de prendre en compte les caractéristiques particulières des territoires d'outre-mer et de proposer des mesures adaptées.

## 4• Réduire les émissions de gaz à effet de serre

La lutte contre le changement climatique induit des transformations profondes. L'habitat, le transport et évidemment les énergies mobilisées pour répondre aux besoins sont les secteurs majeurs de la limitation des émissions.

### a• Énergie

La question énergétique est à l'interface de toutes les activités humaines : agriculture, production industrielle, communication, mobilité, habitat... En parallèle avec le développement de l'offre énergétique, se pose la question des économies potentielles sur la demande -qui néanmoins continuera à augmenter- et de la modification des comportements des usagers.

Les priorités nouvelles sont claires : développement des efforts de recherche notamment sur le solaire, la capture des gaz à effet de serre, les biocarburants de seconde génération, avec des actions transversales (qu'on retrouve dans le domaine des transports) sur le stockage de l'énergie (batteries), l'électronique de puissance et les matériaux.

Il est à noter que le développement de nouvelles options énergétiques ne saurait s'effectuer sans une articulation étroite avec leur insertion dans l'univers social. Cela suppose une recherche socio-économique sur l'énergie, à même d'éclairer les enjeux des politiques énergétiques et de recherche. Cela implique également que la conception même des technologies s'effectue avec le souci de prendre en compte l'environnement dans lequel elles devront se déployer et le comportement des consommateurs qui décideront ou non d'adopter les innovations proposées.

Un très fort besoin de formation est nécessaire afin de développer les compétences nécessaires au développement des technologies et des opportunités de marché basées tant sur le nucléaire que sur les nouvelles technologies de l'énergie.

Enfin, il est important de noter le contexte spécifique de certaines régions, notamment de la Corse et de certains départements et collectivités d'outre-mer, contexte qui justifie de prendre en compte le développement et la démonstration de technologies particulièrement adaptées.

#### • L'énergie solaire

Le solaire photovoltaïque est à développer à court et long termes. C'est le domaine par excellence où la recherche peut conduire à des ruptures technologiques qui changeront une donne industrielle non encore complètement définie.

Sur les technologies du silicium cristallin et multi-cristallin qui dominent actuellement le marché et qui continueront à se développer pendant encore un certain temps, l'effort doit porter sur l'ensemble de la chaîne. L'enjeu essentiel est la baisse de coût du produit final en travaillant à la fois sur des technologies plus performantes sur chaque maillon de la chaîne et sur leur intégration dans un processus industriel global, mais aussi sur la fourniture d'un silicium spécifique à un coût plus bas. En cela, un programme de R&D sur l'utilisation de silicium métallurgique présente un grand intérêt.

L'émergence de technologies de couches minces est certainement le début d'une rupture technologique qui devrait permettre au solaire photovoltaïque de continuer à gagner en compétitivité. L'apparition de nouveaux matériaux basés sur les nanotechnologies ou les polymères organiques mérite aussi d'être explorée. Entre le foisonnement des technologies nouvelles et les besoins du marché, il est important de favoriser l'émergence de ce qui sera, à long terme, une des technologies majeures de production d'électricité.

<sup>5</sup> Le critère H14 qui représente l'écotoxicité des déchets n'est pas uniforme entre les différents pays européens.

En France, les conditions existent encore, probablement, pour l'établissement d'une filière industrielle photovoltaïque, bien qu'aujourd'hui les grands acteurs du solaire soient japonais ou allemands. Cette filière, associant grands groupes et PME, devra faire l'objet d'une structuration attentive, de façon à optimiser les coûts sur l'ensemble de la chaîne industrielle.

À court terme, il est aussi nécessaire d'améliorer les dispositifs existants en solaire thermique dans deux directions : l'abaissement du coût et le développement de systèmes combinés chauffe-eau/chauffage. Le solaire à concentration pour produire de l'électricité ne doit pas non plus être négligé. Ces technologies se développeront dans des pays bénéficiant à la fois d'un fort ensoleillement et de surfaces au sol accessibles. C'est donc des marchés potentiels à l'export qui peuvent se développer. La France possède en effet des entreprises pouvant proposer des éléments technologiques (miroirs, tubes...) et des compétences.

**PROPOSITION • Développer des efforts de recherche sur l'énergie solaire : Photovoltaïque et Thermique - à concentration.**

#### • Biomasse 2<sup>ème</sup> génération

La substitution de produits issus de carbone renouvelable à des produits issus de carbone fossile est recherchée. Si les carburants issus de la biomasse de première génération ont un potentiel limité en Europe du fait de la concurrence avec les usages alimentaires, ceux de deuxième génération présentent un intérêt certain. Les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération sont en effet beaucoup plus pertinents pour aborder les défis environnementaux et alimentaires. Ils offrent des perspectives de substitution au gazole ou à l'essence, en fabriquant par synthèse chimique ou par voie enzymatique, du carburant (Biomass to liquid ou BTL). Ces carburants présentent l'avantage de ne pas être en concurrence avec les usages alimentaires, à l'inverse des carburants de première génération. Des programmes innovants s'appuient sur les établissements de recherche, les universités et les pôles de compétitivité compétents pour associer recherche, développement et démonstration.

Il existe, d'une part, plusieurs projets exemplaires regroupant des industriels et des laboratoires publics sur les technologies de transformation. Il faudra, d'autre part, développer des recherches sur l'ensemble de la filière industrielle potentielle et en particulier sur la mobilisation de la ressource végétale (plantes entières annuelles ou ligneuses), sa production, sa transformation, et les bilans économiques, environnementaux et énergétiques attachés. Pour des raisons de compétitivité internationale, il est indispensable aujourd'hui de réaliser des pilotes industriels et démonstrateurs de taille significative.

**PROPOSITION • Poursuivre de façon prioritaire les travaux de recherche sur la filière de production de carburants issus de la biomasse de 2<sup>ème</sup> génération (cultures - transformation - bilans environnementaux).**

#### • L'énergie nucléaire et les énergies fossiles

Dans le domaine nucléaire, devenu un domaine extrêmement compétitif industriellement à l'échelle internationale, deux axes prioritaires pour un soutien public ont été relevés : le prolongement de la durée de vie des réacteurs et les différents axes de recherche sur la gestion durable des matières et déchets radioactifs<sup>6</sup>. À plus long terme, les technologies de quatrième génération doivent être activement soutenues. Globalement, ces axes de recherche nécessitent de maintenir le soutien public à son niveau actuel. Des applications nouvelles émergeront : ainsi la production d'hydrogène par l'électrolyse à haute température (EHT).

Dans le domaine des énergies fossiles, les axes prioritaires restent l'amélioration de l'efficacité énergétique, la production de produits propres et l'amélioration des taux de récupération des énergies fossiles pour accroître les réserves et la production.

Plus généralement, on peut assister à long terme à une synergie entre énergie nucléaire et énergies fossiles. La disponibilité d'énergie bon marché sous forme de chaleur, d'électricité et d'hydrogène, grâce au nucléaire, peut contribuer à revoir les technologies de production et de transformation d'énergies fossiles. Cette perspective, si sa pertinence économique en termes de coûts et d'applications potentielles est démontrée, peut représenter un enjeu stratégique majeur pour nos entreprises en raison de leur maîtrise technologique dans les domaines des énergies nucléaires et fossiles.

#### • Autres énergies renouvelables

Les sources d'énergie que sont l'éolien, la géothermie et les énergies marines doivent faire l'objet d'une veille technologique attentive ou du maintien d'un effort ciblé, comme dans le cas de la géothermie, afin de se saisir des ruptures technologiques futures dans ces domaines. Le comité propose de maintenir un contact étroit avec les autres pays européens qui ont engagé des programmes de recherche ambitieux dans ces domaines (énergies de la mer avec la Grande-Bretagne par exemple).

<sup>6</sup> Loi n° 2006.739 du 28 juin 2006 qui a remplacé la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991.

### • Stockage, conversion et gestion de l'énergie

- Dans le domaine du stockage de l'énergie, outre l'hydraulique, il existe une vraie compétence en France sur les batteries, mais une filière industrielle faible. Des utilisateurs de batterie pourraient s'impliquer fortement dans l'ingénierie de systèmes à utiliser, même si la manufacture pourrait se trouver en Asie. La création d'une plate-forme technologique s'appuyant sur une filière industrielle conception/partenaire aval serait une avancée. Les autres technologies de stockage de l'énergie semblent moins prioritaires (chaleur, air comprimé, mécanique...) ou à plus long terme (hydrogène).
- Piles à combustible : le développement potentiel d'un système de pile à combustibles (PAC) à oxydes solides (SOFC <sup>7</sup>) fonctionnant au gaz pour des applications stationnaires doit être soutenu dans une perspective de développement de la production électrique distribuée permettant aussi de récupérer la chaleur (cogénération). Le développement pour d'autres marchés (groupes de secours, applications portables, et à plus long terme, transports lourds ou publics) de ces technologies ou d'autres (PEMFC <sup>8</sup>) est aussi recommandé.
- En terme de gestion de l'énergie, les cibles principales sont : le bâtiment intelligent, le couplage des énergies renouvelables au réseau (lui-même intelligent) et le transport. Des progrès sont possibles dans le domaine des composants de puissance et de la gestion des systèmes. La création d'une plate-forme sur les composants de puissance avec une centralisation de la recherche est nécessaire.

**PROPOSITION • Développer les autres énergies, stockage, convertisseurs et gestion de l'énergie.**

### • Captage et stockage du CO<sub>2</sub>

Afin de pouvoir limiter les effets du changement climatique, la France ne peut être absente du développement des technologies de captage et de stockage géologique du CO<sub>2</sub>. Le captage du CO<sub>2</sub> est une option possible pour réduire la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et donc de réduire les impacts. Les applications en France sont limitées par la taille de notre économie, mais il s'agit d'un marché potentiel à l'export où les entreprises françaises auront un rôle non négligeable à jouer. Il s'agit avant tout de développer, à travers des démonstrateurs, l'ensemble des technologies nécessaires, en particulier pour le stockage dans les aquifères (sous-sols suffisamment poreux pour contenir de l'eau, ou dans ce cas du CO<sub>2</sub>).

**PROPOSITION • Démonstrateurs pour le captage et stockage du CO<sub>2</sub>.**

### b • Habitat

Dans le domaine du bâtiment, il est nécessaire de mettre en œuvre les principes de l'architecture bioclimatique pour tous permettant de bénéficier des apports calorifiques du soleil en saison froide, et d'éviter les problèmes de confort liés à la sur-exposition en saison chaude (écrans adaptés, utilisation de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir les bâtiments, climatisation solaire par absorption), des bâtiments à basse consommation ainsi que des bâtiments à énergie positive. L'intensification de ces recherches doit permettre d'accélérer la mise en œuvre des normes prévues pour 2012 (bâtiments à basse consommation) ou pour 2020 (bâtiments à énergie positive).

En termes de recherche, il est essentiel d'élaborer des solutions diversifiées, mais standardisées, adaptées à la forte hétérogénéité du parc de bâtiments existants pour pouvoir proposer un ensemble de solutions globales de réhabilitation thermique, valable sur des sous-ensembles homogènes de bâtiments ("package" haussmannien, "package" établissement scolaire, "package" immeuble d'habitat collectif). Des solutions d'ingénierie financière pour améliorer la capacité des ménages, des acteurs privés et de la puissance publique à financer le surcoût d'investissement requis pour l'amélioration des performances thermiques, tant en réhabilitation des bâtiments existants qu'en construction de bâtiments neufs, doivent également être conçues en parallèle. De plus, l'apparition de nouvelles formes d'architecture en rupture avec celle des bâtiments classiques doit être imaginée. Il est essentiel de construire un lien fort entre recherche et formation pour permettre l'appropriation rapide des nouvelles solutions de construction et de réhabilitation par les formateurs et les professionnels.

Les recherches sur l'enveloppe du bâtiment devront répondre à différents objectifs. À court terme, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la baisse des coûts des composants de l'enveloppe seront réalisées en maîtrisant la ventilation et en développant la super-isolation en couche mince pour les bâtiments existants. Les solutions d'isolation extérieure, le traitement des ponts thermiques et le couplage isolation / inertie thermique sont des pistes de recherche identifiées. À moyen terme, les travaux devront développer des enveloppes "intelligentes" prenant en compte directement ou par anticipation les besoins de l'utilisateur et les milieux environnants, en intégrant des isolants adaptatifs, des matériaux à changement de phase et des vitrages actifs. Enfin, pour le plus long terme, il faudra travailler sur des matériaux possédant de nouvelles caractéristiques thermiques et mécaniques, tels que les matériaux organiques et composites, et les nanomatériaux.

<sup>7</sup> Solid Oxide Fuel Cell.

<sup>8</sup> Polymer Exchange Membran Fuel Cell.

Pour les systèmes énergétiques des bâtiments, les objectifs sont d'abord d'économiser l'énergie et donc de développer à court et moyen termes des systèmes de ventilation intégrant les avancées en matière de double flux, de gestion pièce par pièce et d'hybridation. Il s'agit de les faire évoluer vers des équipements de gestion de l'air incluant des détecteurs variés (polluants, fumées, présence) afin de moduler les débits et de préchauffer ou rafraîchir l'air entrant. Ces actions sous-entendent un travail approfondi sur l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment accompagné d'une certification de la performance atteinte. Des recherches sont à poursuivre dans l'intégration des énergies renouvelables notamment l'énergie solaire photovoltaïque pour répondre aux besoins énergétiques des bâtiments à énergie positive.

Les dispositifs de contrôle et/ou de commande pour gérer les équipements de façon modulable en fonction des usages, des comportements des usagers et des saisons tout en ayant les interfaces adaptées sont à développer. La responsabilisation de l'utilisateur est également à réfléchir. De plus, il faut favoriser l'émergence et le déploiement de produits, composants et équipements sobres en énergie avec une attention particulière à porter sur l'éclairage.

**PROPOSITION • Intégration en sous-ensembles fonctionnels des briques technologiques pour le bâtiment**  
• Validation des innovations et opérations de démonstration de bâtiments à énergie positive.

## c • Transport et mobilité

L'industrie du transport française est au centre d'un vaste réseau qui comprend notamment l'industrie équipementière, des petites et moyennes entreprises, des centres de recherche et des laboratoires. La R&D publique est certainement légitime à soutenir les efforts de cette industrie en vue de la réduction des pollutions créées par ses produits.

La maîtrise des émissions de polluants et de gaz à effet de serre dans le transport demeure un objectif important. La réduction de la consommation est donc un axe d'amélioration capital. Cela passe par l'amélioration de l'efficacité énergétique des moteurs, par des ruptures technologiques avec la mise en œuvre de nouveaux matériaux plus légers, mais aussi par le développement de moteurs alimentés avec des énergies alternatives, en particulier l'électricité, afin de sécuriser l'approvisionnement en énergie.

Qu'il s'agisse du transport terrestre ou aérien, il existe des programmes structurants français (Predit, Acore) qui rassemblent acteurs et décideurs dans un cadre favorable à l'innovation. En complément de ces deux programmes, les propositions du comité qui suivent, visent à mettre en évidence des efforts de recherche ciblés en identifiant le besoin de plates-formes communes de recherche et développement, mais aussi un besoin de partenariat avec les industriels sur certaines filières.

### • Développer l'offre de véhicules performants, propres et économes

Il s'agit de développer l'offre de véhicules intégrant les technologies pertinentes pour favoriser l'économie de carburant fossile, tout en préparant l'arrivée des énergies alternatives (électricité, biocarburants appropriés, ...). Ceci signifie simultanément des recherches sur la propulsion électrique, et la poursuite de l'optimisation des moteurs thermiques, tout en développant celles sur les batteries, l'électronique de puissance, les matériaux et la modélisation de l'aérodynamique. Ces recherches concernent principalement le développement de véhicules routiers hybrides et électriques, mais le potentiel de fertilisation croisée entre le transport routier, le ferroviaire et l'aérien ne doit pas être sous-estimé.

Le développement de véhicules électriques et l'hybridation croissante des véhicules classiques devraient donc constituer une stratégie de rupture, tout en permettant une évolution progressive et continue des gammes. Il va donc être nécessaire de disposer d'une capacité croissante de stockage de l'électricité (voir ci-dessus paragraphe "énergies").

En ce qui concerne le ferroviaire, outre les trains et locomotives hybrides, il faut s'intéresser aux chaînes de traction innovantes faisant appel à de nouveaux types de moteurs de traction, nouveaux matériaux semi-conducteurs pour l'électronique de puissance, nouveaux concepts de transformateurs moyenne fréquence, meilleure récupération de l'énergie de freinage que ce soit à bord (système de stockage d'énergie) ou en sous-stations, développement de l'utilisation de nouveaux matériaux contribuant à l'allègement des structures, nouvelles technologies d'auxiliaires permettant de réduire considérablement leur consommation, système de gestion du trafic prenant en compte la dimension énergétique.

### • Favoriser l'usage de véhicules performants, propres et économes

Il est également nécessaire d'intensifier les investigations sur les interactions entre la nature des véhicules de demain (véhicule hybride, électrique, véhicule hybride urbain) et l'organisation des systèmes de transport, au sein d'un même mode et entre les différents modes (développement de voies dédiées, tarification différenciée des infrastructures...). Ainsi, l'émergence de technologies de véhicules spécifiques peut se combiner avec les nouvelles potentialités apportées par les technologies de l'information et de la communication (géolocalisation, information multimodale, ...) et doit être accompagnée par les acteurs en charge de l'organisation des transports (collectivités, autorité organisatrice de transport urbain) et/ou des acteurs économiques.

La question de l'optimisation de l'usage des infrastructures de transport est centrale : la congestion conduit au gaspillage de l'énergie, dans tous les modes, et ne permet pas d'utiliser les véhicules dans leurs meilleures conditions de performance énergétique. On notera par ailleurs que cette question de l'optimisation est aussi centrale dans les problématiques de sécurité (routière, ferroviaire, aérienne).

• **Les sujets de recherche prioritaires identifiés par le comité ont été classés en trois groupes**

- ▶ Les projets qui entrent dans la logique des démonstrateurs : développement de nouveaux véhicules hybrides et électriques, véhicules particuliers et utilitaires, le véhicule et le service qu'il se propose d'apporter étant indissociables :
- la conception et la démonstration de véhicules spécifiquement urbains électriques tant pour les véhicules particuliers que pour les véhicules utilitaires légers ;
- la conception de véhicules spécifiquement électriques permettant l'optimisation des différentes fonctionnalités (recharge, stockage, motorisation...), les auxiliaires (par exemple chauffage et climatisation de l'habitacle), l'éventuelle interchangeabilité des batteries...
- ▶ Les projets pouvant être mis en œuvre dans le cadre de plates-formes technologiques partagées, portées par exemple par les pôles de compétitivité :
- les concepts de motorisation électrique en rupture (comme par exemple le moteur-roue) ;
- les batteries et super-condensateurs en visant l'accroissement de l'autonomie, mais aussi la fiabilité, la réduction des coûts, la durabilité ;
- les composants électroniques de puissance et ceux des chaînes de traction hybrides et électriques, notamment pour permettre d'optimiser des options d'hybridation de plus en plus complètes.
- ▶ Les technologies innovantes pour le transport ferroviaire et les systèmes de gestion du trafic :
- la sécurité des logiciels complexes et l'usage des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour mieux répondre aux besoins d'accroissement de la capacité de l'infrastructure ferroviaire existante et offrir les services à bord de haut niveau attendus par les voyageurs ;
- les systèmes complexes de gestion et d'optimisation du trafic routier.

• **Transport aérien**

Même si plusieurs thématiques de recherche (matériaux, systèmes, etc.) sont communes à l'ensemble des modes de transport, le transport aérien doit être traité de façon spécifique. D'ici à 2020, les objectifs de réduction sont de 50% des émissions de CO<sub>2</sub>, 80% des émissions de NO<sub>x</sub> et de 50% du bruit. Le comité recommande plus particulièrement une focalisation sur la diminution de la consommation d'énergie et la réduction du bruit.

À court terme, il s'agit de travailler sur de nouvelles architectures d'avion de transport avec des configurations motrices innovantes, des allègements des structures et des équipements. De plus, de nouveaux carburants intégrant des composants d'origine non fossile pouvant être incorporé doivent être développés.

L'efficacité de la *supply chain* doit être améliorée, et les équipementiers doivent en particulier être encouragés à favoriser l'émergence de solutions novatrices qui permettent de réduire la masse des structures et des équipements et leur consommation énergétique, ou encore de développer des fonctions d'optimisation de l'énergie à bord ou la réduction de l'usage des moteurs au sol. Ces axes comprennent les développements de nouveaux concepts d'architectures mais aussi de développements dans le domaine des matériaux et nanotechnologies.

À plus long terme, des études de configurations optimales (ailes volantes), moteurs à détonation pulsée... doivent être encouragées. La juxtaposition des programmes existants et de celui-ci doit permettre la mise en service dès 2017 d'une famille d'avions bénéficiant de ruptures technologiques rendant ainsi les successeurs de la famille A320 compétitifs face aux futurs B737.

**PROPOSITION • Technologies innovantes pour le transport aérien (diminution de la consommation d'énergie et réduction du bruit).**

## II • DES MOYENS D'ACTION INNOVANTS

La recherche est un processus dynamique d'interactions entre les acteurs. Afin de permettre le développement et la diffusion de nouvelles technologies, l'association des acteurs de la recherche, de l'industrie et des services est essentielle. Les démonstrateurs et les plates-formes de recherche, en associant public et privé, font ainsi partie des priorités du comité opérationnel Recherche.

## 1• Des outils pour réduire les impacts

La prévision des impacts produits et services sur l'environnement et sur l'Homme peut se faire en amont des développements grâce à des outils d'analyse essentiellement de nature économique ou écologique. Il s'agit des analyses de cycles de vie, ACV, qui permettent de comparer des techniques disponibles entre elles et de développer industriellement celles répondant au mieux aux critères fixés (pression sur l'environnement, risque pour la santé humaine, la biodiversité...). Il est nécessaire que les critères soient issus d'un consensus social. La généralisation de l'utilisation de ces outils est intégrée dans les propositions d'actions issues du comité.

## 2• Les démonstrateurs

Les démonstrateurs constituent une étape importante du processus de recherche-développement-industrialisation des technologies. Cette étape se situe après la phase de recherche en laboratoire et avant la phase d'industrialisation. Les démonstrateurs sont le plus souvent le fait d'industriels qui testent les technologies disponibles à une échelle supérieure de celle du laboratoire, sans pour autant passer au stade de l'industrialisation. Cette phase permet d'optimiser les technologies, de valider des choix ou de lever certains verrous, et peuvent renvoyer à des recherches amont. Ces démonstrateurs se situent dans le processus de R&D avant les démonstrations exemplaires qui sont réalisées à l'échelle 1 dans un cadre industriel et commercial. L'appel aux démonstrateurs est fait dans les différents domaines mobilisés pour répondre aux enjeux majeurs. Ainsi :

- pour la protection de l'eau, le développement de démonstrateurs dans les nouvelles technologies liées à l'eau est recommandé pour améliorer l'accessibilité et la qualité de ce bien ;
- afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, la mise en place du "fonds démonstrateurs" dans le domaine du transport devrait permettre d'apporter un soutien spécifique à la réalisation de prototypes de véhicules électriques urbains (véhicules légers et petits utilitaires) et de véhicules hybrides mettant en œuvre de nouveaux concepts de chaînes de motorisation. Au-delà de la réalisation des démonstrateurs de véhicules, leur expérimentation en site réel, notamment dans des collectivités locales volontaires, est une étape incontournable de la transformation des marchés. Il conviendra d'assurer un accompagnement et un dispositif d'évaluation des performances approprié ;
- pour l'habitat, les démonstrateurs peuvent être sollicités afin de valider les innovations et les opérations de démonstration de bâtiments à énergie positive ou les nouvelles techniques innovantes. Les chercheurs s'associeront dans ce cas avec des acteurs de différents niveaux : entreprises de matériaux, architectes/bureaux d'études, constructeurs, organisations professionnelles de l'artisanat ;
- de par ses applications techniques, le secteur de l'énergie va recourir aux démonstrateurs de manière généralisée, et notamment pour le développement des technologies de captage et de stockage géologique du CO<sub>2</sub>, ou la production de biocarburant de deuxième ou troisième génération, ou encore pour de nouvelles filières d'énergies renouvelables ou de convertisseurs d'énergie.

## 3• Les plates-formes de recherche

Les plates-formes de recherche consistent en un investissement commun public-privé pour une recherche collaborative. Quatre plates-formes ont été identifiées par le comité afin de favoriser les échanges sur un sujet particulier. Trois sont à dominante technologique :

- une plate-forme "Stockage électrochimique de l'énergie, batteries et supercapacités" : développement de nouveaux matériaux, ligne de prototypage et de fabrication, banc pour la sûreté/fiabilité/durabilité et mesure des performances ;
- une plate-forme de recherche et développement pour concevoir et réaliser des composants électroniques de puissance ;
- un banc de recherche et développement sur les chaînes de traction hybrides et électriques.

La quatrième est à dominante socioéconomique, et le comité souligne à cette occasion l'importance de la création d'une telle plate-forme comme outil intégrateur des différentes disciplines des sciences humaines, économiques et sociales : une plate-forme rassemblant les bases de données et les outils d'observations et de modélisation de la ville.

## c. S'adapter

Dans la perspective des changements climatiques, "l'adaptation" est une préoccupation récente, par rapport à celle de "l'atténuation", concentrée sur la maîtrise des cycles énergétiques et des rejets de gaz à effets de serre, dont les principes sont discutés depuis des années.

Prenant en compte l'inertie du changement climatique et l'incapacité de toute mesure d'atténuation à agir à court terme, dans des délais inférieurs à 20, sinon à 50 ans, les mesures d'adaptation ont pour objectif de réduire les effets négatifs, ou de tirer profit des effets positifs du changement climatique, par ajustement des systèmes naturels et sociaux ; l'adaptation peut être anticipée ou réactive, publique ou privée, autonome ou planifiée.

Les modélisations et les observations indiquent que le changement climatique peut se traduire, aux échelles régionale et locale, par un **accroissement des extrêmes des régimes de temps**, à la fois en fréquence et en intensité, et par des impacts aléatoires, générateurs de crises et d'accidents.

La question de l'adaptation est urgente, car, dans un contexte incertain, les décideurs et les aménageurs qui exercent leur mandat à ces échelles territoriales ne disposent pas d'outils fiables et optimisés pour y faire face, que ce soit en matière d'anticipation, de prévision, de réglementation, de remédiation, de financement et d'assurance. Malgré, ou peut être à cause de ces incertitudes, l'adaptation devient un élément important des négociations nationales - entre État et collectivités territoriales - et internationales - entre "Nord" et "Sud".

### 1. ALÉAS, ENJEUX, VULNÉRABILITÉ ET RISQUES

Le traitement de l'adaptation passe par l'estimation de l'**aléa** - fréquence, intensité, loi statistique - non pas dans l'absolu mais sur un territoire particulier, donc avec des **enjeux** particuliers, dont la nature et l'importance varient avec le contexte géographique et l'état de développement : risques de mortalité et de morbidité, habitabilité et capacité alimentaire, activité économique, production de biens ou de ressources, transports, etc. Vis-à-vis de l'ensemble de ces enjeux, une **cartographie de la vulnérabilité du territoire** considéré doit pouvoir être réalisée. Cette cartographie est le premier outil d'appui à la décision dont doivent pouvoir bénéficier les décideurs et les aménageurs.

Les **modélisations numériques** des effets du changement climatique aux échelles considérées produisent des résultats entachés d'incertitude, voire d'ambiguïté (incertitude sur l'incertitude). De façon générale, au-delà de l'élévation globale de la température moyenne de la Terre, elles prévoient, d'une manière qui semble robuste, un accroissement du gradient Nord Sud des régimes de temps sur les régions tempérées, avec un régime nivo-pluvial accentué au Nord et un régime de sécheresse et précipitations extrêmes au Sud. L'Europe, et peut-être la France, apparaissent comme partagées entre deux régimes - sécheresse et précipitation rares et intenses au Sud, pluviosité importante mais répartie, au Nord. Les aléas locaux qui semblent significativement les plus "prévisibles" en Europe sont indiqués dans le tableau suivant, avec les enjeux territoriaux les plus "importants" auxquels ils sont associés.

Aléas	Enjeux	Risques humains	Infrastructures	Systèmes
Canicules fréquentes		Surmortalité par chaleur et pollution	Refroidissement : bâtiments et centrales énergétiques	Détérioration des agro/sylvo systèmes
Sécheresses accentuées		Pollution accrue de la ressource "eau"	Sols argileux "gonflés" ; impacts sur les bâtiments	Détérioration des écosystèmes
Précipitations accentuées		Crues, inondations	Construction : bâtiment, routes, chemin de fer	Implantations urbaines
Cryosphère mitée		Débâcles soudaines, étiages	Régulation des centrales hydroélectriques	Tourisme en montagne
Forts coups de vent		Traumatismes	Résistance des bâtiments	Organisation des lieux d'habitation
Vagues scélébrates		Noyades	Destruction de digues et inondations de polder	Sécurité des systèmes portuaires

## II • LES RECHERCHES À ENTREPRENDRE : LE RISQUE, SON ÉCONOMIE, SES NORMES ET SES RÈGLES

La complexité du problème de l'adaptation exige la mise en œuvre d'approches interdisciplinaires focalisées sur la gestion intégrée et normative des territoires. Une stratégie adaptative complète exige en outre de conjuguer des approches :

- sectorielles - e.g. agriculture, transports, tourisme, banques, assurances - afin de construire des réseaux de mesures adaptatives à partir de secteurs économiques reconnus comme présentant une sensibilité particulière aux aléas.
- transversales - e.g. l'eau, la biodiversité, la santé, les risques, ...- afin de développer l'appréciation stratégique et renforcer résistance et résilience dans des champs "intégrateurs" entretenant des relations fortes avec l'économique, le social, l'environnemental, ...
- par milieux - e.g. ville, agrosystèmes, forêts, littoraux, montagnes, ...- afin de répertorier et de typologiser correctement les aléas possibles.

### 1 • Développer observation et modélisation, pour mieux connaître les aléas

En amont des mesures à prendre, et de la prise de conscience de leur inévitabilité, il faut diminuer les incertitudes par une intensification des observations permettant le suivi pérenne des situations locales et par une amélioration des modèles numériques permettant d'anticiper les impacts.

Pour ce qui est des observations, l'usage des satellites, dans le contexte de GMES et de la construction de services environnementaux, est une condition de l'égalité vis-à-vis de l'accès à l'information. L'amélioration des modèles exige de faire évoluer de façon parallèle les modèles climatiques globaux, et les modèles régionaux, qui décrivent la statistique sur les aléas locaux - sécheresses, canicules, inondations - et permettent de diminuer l'ambiguïté sur l'occurrence des situations extrêmes - précipitations, crues, tempêtes, surcôtes.

Même s'il est exclu de disposer un jour d'un "modèle parfait", la prise en compte de rétroactions plus complexes - rétroactions sur les modèles économiques, dynamique des puits/sources de CO<sub>2</sub>, prises en compte de l'effet des aérosols, ...- permettra de disposer d'une "biodiversité de modèles" aux résultats plus fiables. Cela exige en particulier de pouvoir disposer, au plan national, comme au plan européen, de moyens de calculs intensifs sans cesse plus puissants.

La prise en compte de ces effets dans le cadre du programme GIEC 5 est nécessaire pour faire face à l'accroissement obligatoire des capacités de calculs, sans délais, sur une machine vectorielle.

### 2 • Cartographier les enjeux

Aujourd'hui, l'action des pouvoirs publics est encore trop focalisée sur les situations de crises. À l'opposé de cette attitude, il convient de faire prendre conscience, aux citoyens comme aux décideurs, de l'inévitabilité de l'adaptation vis-à-vis de l'atténuation.

Une réflexion de long terme, "territorialisée", est nécessaire, visant à une meilleure protection des personnes et des biens et à une meilleure gestion des ressources naturelles. Il s'agit de créer une vision partagée par tous les acteurs, au sein de "plans d'adaptation" territoriaux, portant tant sur l'évolution des activités que sur les mesures techniques d'adaptation aux crises comme aux évolutions plus lentes. Cela passe par la définition et la cartographie des enjeux, des vulnérabilités et des risques encourus, activités qui nécessitent des actions de recherches finalisées permettant d'identifier - à l'échelle des territoires - les sources de risques les plus importants.

De tels plans devraient s'accompagner de propositions sur les procédures de contrôle administratif (normes et réglementations) et de remédiation économiques et financières (procédures d'indemnisation, d'assurance et de réassurance).

La région méditerranéenne apparaît à bien des égards comme une zone critique et sensible où les effets démographiques viennent amplifier les impacts négatifs. Une autre priorité serait la construction d'une cartographie crédible de la vulnérabilité du bassin occidental de la Méditerranée aux aléas du changement climatique, notamment aux événements climatiques extrêmes. Un chantier de mesures interdisciplinaire - climatique, météorologique, océanographique, écosystémique, socio-économique - centré sur cette région, étalé sur une dizaine d'années, et utilisant des moyens d'investigation spatiaux, océanographiques, aéroportés, ... apparaît comme nécessaire. Mené en collaboration étroite avec les partenaires européens (Italie, Espagne, Grèce) et ceux de la rive sud de la Méditerranée, les résultats d'un tel chantier constitueraient une page essentielle du "système de services" environnementaux que constituerait l'initiative européenne GMES.

### 3• Maîtriser le coût des choix

Deux facteurs essentiels compliquent l'estimation du coût de l'adaptation : son inscription dans une vision de très long terme des évolutions couplées du climat ou de l'économie, à la limite de la mémoire collective, et le caractère "ambigu" de l'occurrence des phénomènes extrêmes, qui nécessite de gérer de nouveaux modes d'analyse économique.

**En amont de la mise en place de l'adaptation, des travaux fondamentaux d'économie doivent pouvoir être menés.** Au-delà d'une simple approche de type "analyse de risques", l'analyse "coût-bénéfice" doit inclure la prise en compte des bénéfices non monétaires, de l'incertain et du très long terme. Les principales difficultés portent sur i) les "valeurs" de l'adaptation - aversion aux risques et à l'ambiguïté - ii) les conséquences économétriques d'une distribution statistique non "normale" des aléas, d'une amélioration de la connaissance des incertitudes et de l'appréciation des risques qui est "anticipable" à moyen terme, iii) l'implémentation des dispositifs à utiliser : taxes, marché ou normes ? Mutualisation ou prévention des risques ? Crédibilité de l'engagement à long terme ?

Seule une amélioration des connaissances sur ces questions permettrait de construire un modèle économique de l'adaptation propre à susciter un dispositif d'assurance et de réassurance apte à couvrir les effets négatifs des impacts.

## III• NORMES, RÈGLES ET GOUVERNANCE DE L'ADAPTATION

Dans la mise en place d'une gouvernance de l'adaptation et d'une évolution optimisée des mesures à prendre, il semble qu'il faille conjuguer à la fois des "mesures de bon sens" et des approches rigoureuses d'anticipation et de planification.

Il faut tout d'abord prendre en compte l'évolution récente de l'opinion - au moins en France, sinon en Europe - passée en quelques mois du scepticisme à l'adhésion en matière de perceptions de la réalité et du rôle potentiellement nocif du changement climatique. De nouvelles normes se créent "spontanément" autour du confort d'été, ou de la pérennité et de l'appréciation des AOC viticoles... Aller plus loin nécessite de s'assurer au préalable - ce qui exige des activités de recherches sociologiques, économiques, etc. - de l'acceptabilité potentielle de telle ou telle mesure, de tel ou tel règlement. Pour que ceux-ci puissent s'appuyer sur des supports solides et partagés par tous, la régionalisation des anticipations des impacts doit pouvoir être considérée comme une donnée publique et non comme une donnée privée, ce qui a des incidences sur les modèles économiques qui président au développement de services environnementaux, comme certains de ceux de GMES.

Au titre du "bon sens", il convient de persuader les décideurs que l'on n'anticipera pas tous les risques et que les contraintes financières seront telles que, souvent, le repli stratégique en bon ordre, sera la meilleure solution. De même, la déclinaison modérée d'un simple "principe de précaution" peut permettre de se préparer à des situations extrêmes sans en connaître toutes les caractéristiques, mais en anticipant que cette connaissance s'améliorera à moyen terme. Autrement dit de mettre en œuvre des solutions "adaptables", tout en sachant qu'elles pourraient être ultérieurement "adaptées" lorsque la caractérisation du risque se sera améliorée, permettant l'étalement dans le temps de certains investissements : élargissement préalable des bases d'une digue, plutôt que son élévation définitive, beaucoup plus coûteuse ; élaboration de normes plus sévères pour le ballastage des voies ferrées traversant des régions dont on anticipe qu'elles seront soumises à des précipitations extrêmes, laissant pour l'avenir l'aménagement définitif des bassins versants...

Des investissements plus "lourds" exigent cependant la mise en place de règles plus rigoureuses sur les choix de localisation des infrastructures, dont les critères économiques ou techniques n'appréhendent pas, aujourd'hui, les difficultés liées au changement climatique. Des travaux de nature économique, juridique, sociologique, ... sont aujourd'hui nécessaires pour identifier si l'optimisation des mesures à prendre pour contraindre ces investissements à épouser des critères "d'adaptabilité durable" doivent relever principalement de la sphère individuelle ou collective (taxes à la consommation ou à la production, par exemple).

# D. Renforcer les liens science-société

L'augmentation du volume des connaissances scientifiques, la rapidité de leur renouvellement particulièrement dans le domaine des risques naturels ou technologiques et de la santé publique, l'accélération de leur transfert vers l'industrie nécessitent de développer et d'améliorer la qualité des échanges entre citoyens et chercheurs, entre responsables publics et leaders d'opinion. L'expertise scientifique est de plus en plus sollicitée pour éclairer les décisions dans la sphère publique et privée. C'est un mode privilégié de mise en valeur des résultats et des compétences des personnels de la recherche qu'il est nécessaire de mieux organiser pour en assurer la qualité et l'efficacité.

## I • RECHERCHE ET EXPERTISE SCIENTIFIQUE

L'expertise est une mission fondamentale des acteurs scientifiques, désormais inscrite dans le code de la recherche. Toutefois, la sollicitation croissante des chercheurs, la complexité des questions posées rendent plus difficiles la conduite des travaux d'expertise et leur restitution à leurs commanditaires et au public. La tentation d'en confier la réalisation à du personnel spécialisé, si elle était suivie, pourrait rapidement isoler cette activité des progrès réalisés dans les équipes de recherche et nuirait à sa qualité. L'exercice de cette activité qui était autrefois largement laissé à l'appréciation individuelle demande à être mieux organisé pour le bénéfice mutuel des scientifiques et de la collectivité nationale.

Dans ce but, plusieurs actions peuvent rapidement être mises en œuvre pour généraliser et harmoniser les bonnes pratiques, encourager une démarche d'expertise responsable et solidaire et promouvoir systématiquement la concertation avec les acteurs de la société.

### 1 • Généraliser et harmoniser les bonnes pratiques

L'expertise scientifique doit désormais s'inscrire dans le cadre de la norme AFNOR NF X50-110, qui "s'attache à spécifier les exigences générales de compétence requises pour réaliser une expertise conforme aux exigences du client et aux exigences légales et réglementaires applicables" et qui précise utilement dans ses premiers articles les différentes catégories d'expertise : institutionnelle, collégiale ou individuelle. En complément de cette norme un certain nombre d'établissements publics ont défini des règles spécifiques réunies sous la forme de chartes afin d'identifier les champs de compétence, les responsabilités, l'organisation et la conduite de l'expertise.

L'harmonisation des pratiques par l'adhésion volontaire des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche à une Charte nationale engagerait leurs personnels de recherche à se conformer à ces pratiques communes. L'ensemble des adhérents procéderait à une révision de ses règles en tant que de besoin et en fonction de leur expérience, garantissant ainsi leur adaptation aux demandes nationales et internationales.

### 2 • Encourager une pratique d'expertise responsable et solidaire au sein des établissements

Il revient aux établissements de définir une politique adaptée de valorisation et d'encadrement de l'activité d'expertise compatible avec l'exercice de la recherche. L'expertise est de nature à renforcer la sensibilité des personnels de la recherche à la demande sociale.

L'établissement, sous réserve d'accord préalable, a la responsabilité de garantir l'indépendance des experts, notamment en distinguant, d'une part, l'étape des débats contradictoires préalables à la commande qui requiert la consultation de l'ensemble des parties prenantes et, d'autre part, la phase d'expertise proprement dite où les experts doivent être libres de mener à terme leur démarche scientifique à l'abri d'interventions extérieures. Dans le cas d'expertises institutionnelles répondant à une commande déposée auprès de la direction d'un établissement, celui-ci doit se porter garant de ses agents appelés à participer à la mission qui lui est confiée.

Chaque opérateur de recherche se doit d'élaborer, en concertation, des règles collectives et des modes de gestion qui permettent le développement des expertises institutionnelles, individuelles ou collégiales. Ces règles pourraient utilement concerner l'identification et la formulation des commandes, l'accompagnement du travail d'expertise, ses modalités de restitution et autoriser une juste reconnaissance des missions effectuées par les experts.

**PROPOSITION** • Faire adopter par les opérateurs de recherche des pratiques d'expertise communes grâce à la définition d'une charte nationale de l'expertise, volontaire, ouverte et évolutive. Cette charte proposera notamment des modalités de gestion des conflits potentiels d'intérêts résultant en particulier du développement des contrats de recherche du secteur public avec les acteurs du monde économique publics ou privés, français et étrangers.

### 3• Développer la concertation pour faire progresser l'expertise scientifique

L'encadrement législatif et réglementaire de l'expertise est mal connu du public et parfois des chercheurs eux-mêmes. Des actions de communication spécifiques doivent être suscitées au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche, mais c'est surtout sur la formation des futurs chercheurs et des acteurs de la société qu'il convient d'insister. La notion d'expertise, les principes d'incertitude et de précaution pourront être abordés dès le début de l'enseignement supérieur. Les aspects réglementaires devront être généralisés dans les programmes des écoles doctorales.

Il convient de confier à une haute instance consultative une mission nationale de réflexion, de médiation et de veille sur l'expertise scientifique et technique.

Afin de ne pas créer une nouvelle superstructure et compte tenu de l'expérience que le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) a acquise dans le dialogue avec les acteurs économiques et les partenaires sociaux, il pourrait en être chargé, à la condition qu'il puisse accueillir en son sein des représentants d'organisations non gouvernementales. Le CSRT serait tenu régulièrement informé de l'évolution des pratiques d'expertise et des débats qu'elles suscitent. En qualité d'instance consultative ministérielle, le Conseil serait invité à se prononcer sur cette évolution et notamment sur la nécessité d'un éventuel encadrement législatif ou réglementaire du domaine.

**PROPOSITION • Confier au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) un rôle de veille sur les procédures d'expertise des opérateurs de recherche.**

## II• PRISE EN COMPTE DES ATTENTES SOCIÉTALES

Le Grenelle de l'environnement a marqué incontestablement une étape dans la façon d'appréhender les questions environnementales dans leur complexité. Il a montré l'intérêt pour traiter ces questions d'organiser une confrontation de plusieurs collègues représentant l'État, les collectivités territoriales, les associations non gouvernementales écologistes, le patronat et les partenaires sociaux... Les questions adressées à la recherche ont montré la variété des attentes de la société et la nécessité pour répondre à ces attentes d'accorder une plus grande attention au traitement des signaux diffus ou les manifestations individuelles fortes que sont respectivement les sujets émergents et les alertes dans les domaines de l'environnement, des risques majeurs naturels et anthropiques et de la santé publique. Enfin, elle a confirmé la nécessité d'améliorer la communication sur la démarche scientifique et sur le travail des chercheurs.

### 1• Sollicitation des sciences humaines et sociales

Développer l'attention aux signaux faibles en provenance de l'environnement suppose de favoriser la diversité des références scientifiques. À ce titre, les sciences humaines et sociales devront être plus souvent sollicitées dans ces processus d'anticipation et de veille. Leurs méthodes d'observation, de modélisation et d'analyse des comportements, d'étude des processus et de la genèse des décisions politiques et sociales se révèlent indispensables pour comprendre les modes d'appropriation des innovations, l'impact socio-économique des politiques publiques ou l'évolution de la prise en compte des enjeux environnementaux. En outre, les sciences humaines et sociales peuvent fournir un cadre approprié pour identifier et analyser les savoirs traditionnels et profanes et les confronter aux savoirs savants.

**PROPOSITION • Encourager l'intégration des sciences humaines et sociales au côté des autres disciplines dès la conception des projets et des programmes de recherche appliqués.**

### 2• Communication et échanges avec les acteurs de la société

Les établissements de recherche et les universités ont vocation à être des lieux d'analyse et d'échange d'ordre épistémologique, théorique ou technique qui ne peuvent ignorer les débats de société. Les expériences menées au sein des opérateurs de recherche ont souligné l'intérêt de diversifier les points de vue notamment par la consultation des acteurs de la société civile pour définir ou pour conduire les programmes de recherche finalisée. La multiplication de ces instances de réflexion devrait permettre d'accroître la réactivité et l'adaptation des travaux des équipes de recherche.

Enfin, la capacité du Parlement à définir les priorités et à évaluer les programmes de recherche, ainsi qu'à conduire sur les sujets scientifiques les plus controversés une expertise publique, collective et contradictoire dans des délais qui répondent

aux attentes des citoyens, notamment par l'intermédiaire de l'Office parlementaire de l'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST), devrait être plus largement sollicitée.

**PROPOSITION** • Encourager la consultation des acteurs de la société, les associer à la définition et au déroulement de certains programmes de recherche participatifs. Solliciter plus largement l'OPECST pour la définition et l'évaluation des priorités de recherche et la conduite d'expertise sur les sujets scientifiques les plus controversés.

Quelle que soit l'intensité des échanges à l'intérieur des organisations ou entre des parties prenantes indépendantes, le risque de confinement des débats et des réflexions est bien réel. La place de la restitution dans la procédure d'expertise est ainsi déterminante sur la perception du rôle de la science, de ses avancées comme de ses risques. Des initiatives pourraient être engagées avec les professionnels de l'information et de la communication pour favoriser la distinction des faits solidement établis, des incertitudes ou des controverses et des questions à débattre dans les forums publics. De telles démarches issues de travaux d'expertise collective conduiraient ainsi la société à une meilleure compréhension du travail des personnels de la recherche et des acquis de celle-ci. Pour cela, une dotation financière au sein des établissements permettrait d'effectuer de tels travaux.

**PROPOSITION** • Communiquer sur le thème du travail scientifique en associant les médias. Permettre aux acteurs de la société civile de solliciter des expertises des établissements de recherche.

### 3• Détection, appropriation et analyse des sujets émergents

Les "sujets émergents" sont des thématiques relevant en majorité du domaine environnemental qui n'ont pas fait au préalable l'objet d'une formalisation scientifique et technique et qui échappent à ce titre, en partie ou en totalité, à la définition et à la programmation des priorités nationales de recherche.

Dans le domaine de la recherche, les exercices de prospective se multiplient. Ces exercices de prospective répondent essentiellement à la complexité croissante des questions de société et de recherche, mais permettent plus difficilement d'identifier les sujets émergents qui ne sont révélés souvent que par des signaux faibles ou diffus.

L'identification des sujets émergents rentre pleinement dans la mission de la recherche publique. Elle développe dans cet objectif de nombreuses stratégies complémentaires. Séminaires, actions incitatives, échanges de chercheurs... sont autant de procédures qui visent à distinguer les avancées originales en évitant la dispersion des équipes et des moyens.

La conduite de travaux d'expertise sur ces sujets, impliquant le cas échéant une autosaisine des opérateurs de recherche, permettrait de préciser les questions scientifiques qui y sont attachées et d'adapter rapidement les programmes de recherche.

**PROPOSITION** • Développer l'expertise par autosaisine des opérateurs de recherche pour favoriser l'identification et l'évaluation des sujets émergents.

### 4• Traiter les alertes comme une ressource pour la recherche

L'alerte est un évènement multiforme de mise en garde à l'égard d'un évènement, d'une pratique ou d'une utilisation de connaissances qui peuvent présenter un danger pour la société. Elle apparaît trop souvent comme une confrontation brutale d'opinions faute d'être l'objet d'une procédure adaptée et explicite. Il convient de porter attention au contenu des alertes, d'en conserver la trace et de les analyser afin d'améliorer les procédures de consultation, internes ou externes.

**PROPOSITION** • Mettre en place des procédures de traitement des alertes au sein des opérateurs de recherche. Instituer la possibilité, si ces procédures n'aboutissent pas, d'une appropriation du débat par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST).

Il convient d'assurer la visibilité et la cohérence de toutes ces initiatives. La consultation et la participation des acteurs de la société civile, l'identification des questions scientifiques émergentes et les alertes environnementales pourraient bénéficier d'une analyse d'ensemble effectuée au sein d'une instance supérieure de concertation. Il serait cohérent que cette mission soit menée en relation avec la mission de réflexion sur l'expertise scientifique et technique conduite par le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) dont la composition serait ouverte aux organisations non gouvernementales.

**PROPOSITION** • Confier au CSRT un rôle de veille et de conseil sur l'évolution des pratiques en matière de consultation des partenaires, d'analyse des signaux diffus et de traitement de l'alerte au niveau national dans le domaine de la recherche.

# Tableau financier

Synthèse des recommandations de financement additionnel MIREs  
 sous plafond d'un milliard d'euros sur 4 ans (mai 2008)

		nouvelles actions ANR	fléchage sur des opérateurs	démonstrateurs ADEME	
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>1000</b>
<b>Énergie</b>	Démonstrateur captage et stockage du CO <sub>2</sub>		10	110	<b>410</b>
	Énergie solaire : thermique - à concentration - PV		50	80	
	Autres énergies, convertisseurs, stockage et gestion de l'énergie		40	30	
	Biomasse de 2 <sup>ème</sup> génération (cultures - transformation)		20	70	
<b>Transports</b>	Développement de nouveaux véhicules hybrides et électriques y.c démonstrateurs VP et utilitaires			70	<b>210</b>
	Technologies en rupture pour les motorisations électriques et hybrides (batteries, électronique de puissance, systèmes et matériaux)		50		
	Technologies innovantes pour le transport aérien (diminution de la consommation d'énergie et réduction du bruit)		80		
	Technologies innovantes pour le transport ferroviaire et systèmes de gestion du trafic		10		
<b>Urbanisme-Ville-Habitat</b>	Constituer une équipe de collecte de données pertinentes et actualisées sur le "métabolisme urbain"		6		<b>90</b>
	Intégration en sous-ensembles fonctionnels des briques technologiques pour le bâtiment		20		
	Validation des innovations et opérations de démonstration de bâtiments à énergie positive		10	30	
	Développement d'une chaîne logicielle intégrée de modélisation des bâtiments		14		
	Développement d'une métrologie des performances des bâtiments et des équipements urbains		10		
<b>Santé environnement</b>	Pôle national écotoxicologie		30		<b>110</b>
	Réseau de pôles régionaux	30			
	Développement de la recherche en toxicologie	15			
	Développement de la recherche sur les risques sanitaires	25			
	Démonstrateurs de nouvelles technologies de l'eau			10	
<b>Agriculture - biodiversité - milieux</b>	Recherche sur la biodiversité et dotation de la Fondation de coopération scientifique	25	10		<b>115</b>
	Recherche sur les biotechnologies & OGM	45			
	Forêts, sol		15		
	Agriculture HVE, Agriculture Biologique	20			
<b>Actions transversales</b>	Adaptation au changement climatique		15		<b>65</b>
	Instruments d'observation environnementale	40			
	Accès des parties prenantes à l'expertise		10		

# Conclusion et recommandations

Le Comité opérationnel Recherche s'est attaché à traduire les quatre priorités majeures définies par le Grenelle de l'Environnement - lutter contre le changement climatique, préserver et gérer la biodiversité et les milieux naturels, préserver la santé et l'environnement et instaurer une démocratie écologique - en orientations concrètes pour la recherche. Les orientations présentées dans le rapport couvrent les principales thématiques du développement durable : l'énergie, les transports, l'urbanisme, la santé, et l'agriculture. Elles sont regroupées selon leurs objectifs : analyser et comprendre les phénomènes, agir à court, moyen et long termes sur la dégradation de l'environnement, s'adapter au changement climatique et améliorer les liens entre la recherche et la société.

Le Comité a pu constater qu'aujourd'hui les différents services de l'État ne disposaient pas d'évaluation fiable sur la répartition thématique des dépenses françaises de recherche et développement, et qu'aucune analyse, même globale, ne paraît être réalisée sur les priorités thématiques de recherche des pays homologues. Le Comité demande qu'une segmentation thématique des dépenses publiques de R&D soit définie et une remontée d'information selon cette segmentation soit organisée pour pouvoir disposer d'un suivi annuel fiable. Il serait judicieux que cette segmentation soit élaborée au niveau international (par exemple OCDE) pour faciliter les comparaisons.

L'analyse et la compréhension des phénomènes est le premier temps de la recherche. Il s'appuie sur des outils d'observation et de modélisation performants, dont certains restent à mettre en place, dans un contexte où, face à la complexité des problèmes, le Comité souligne l'importance de l'interdisciplinarité.

En matière d'écosystèmes naturels et cultivés, les efforts doivent porter sur la compréhension du fonctionnement des milieux, au travers des observatoires de recherche en environnement et des instruments d'observation satellitaire, et sur le développement des recherches sur la biodiversité comme sur la multifonctionnalité des sols et de la forêt, notamment *via* l'abondement de la Fondation de coopération scientifique, et le lancement d'appels d'offres de recherche appropriés.

Pour développer la recherche en toxicologie, domaine où la France est relativement faible, il serait nécessaire de créer un pôle national couplant la toxicologie et l'écotoxicologie et de soutenir un nombre limité de pôles régionaux en santé - environnement.

Enfin, le Comité propose le développement de systèmes d'observation des évolutions urbaines et de fédérer les compétences sur cette thématique dans un cadre interdisciplinaire.

## La recherche doit permettre d'agir pour inverser les tendances actuelles

D'un point de vue méthodologique, le Comité souligne le rôle clé des démonstrateurs de recherche, portés par des industriels dans le passage du laboratoire à l'industrialisation, et des plates-formes de recherche publiques / privées. Il propose par ailleurs dans chacun des domaines des priorités claires et focalisées.

- Le développement de l'agriculture à haute valeur environnementale, notamment biologique, doit faire l'objet de recherches intégrées sur les systèmes de production. L'innovation végétale doit être renforcée, via un programme de recherche basé sur l'exploration de la biodiversité naturelle et les techniques d'amélioration végétale.
- Dans le domaine de la santé, le Comité propose de soutenir l'effort de recherche sur les risques sanitaires, et d'augmenter la capacité d'évaluation des molécules chimiques par la formation et la mise au point de tests alternatifs n'utilisant pas d'animaux.
- Dans le domaine du bâtiment, l'élaboration de solutions adaptées et standardisées au sein de sous-ensembles homogènes de bâtiments. Cette priorité passe par des projets de recherche sur la super-isolation en couche mince, l'isolation extérieure, le développement d'enveloppes intelligentes et les matériaux. Les innovations réalisées en matière de systèmes énergétiques des bâtiments devront être validées par des démonstrateurs de bâtiments à énergie positive.
- Sur les énergies, sont privilégiés des efforts sur : le solaire, le captage et le stockage de CO<sub>2</sub>, les biocarburants de seconde génération, le stockage de l'énergie et l'électronique de puissance. Le stockage et la gestion de l'énergie, les réseaux intelligents, l'électronique de puissance sont des éléments indispensables à toute diversification des sources d'énergie et les recherches correspondantes devront être soutenues dans tous ces domaines, ainsi que dans certains autres de moindre priorité, la démonstration jouera un rôle essentiel.
- En matière de transport routier, le Comité propose une orientation claire vers la propulsion électrique et l'hybridation. Dans le domaine aérien, à court et moyen termes, l'effort doit porter sur le développement de nouvelles architectures d'avions, l'intégration de nouveaux carburants et un allègement des équipements. Enfin, l'amélioration de l'efficacité énergétique du transport ferroviaire passe par le développement de chaînes de traction innovantes et l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Les actions proposées ci-dessus ne porteront leurs fruits qu'à long terme, mais la conviction du Comité est qu'elles contribueront substantiellement à l'affaiblissement de la contribution d'origine "humaine" au changement climatique. Il est cependant nécessaire de prévoir dès maintenant les actions de recherche visant à **l'adaptation aux changements climatiques**. Ainsi, face à l'augmentation des phénomènes extrêmes, une cartographie de la vulnérabilité du territoire devra être réalisée. Des recherches complémentaires devront porter sur la modélisation des phénomènes climatiques, la modélisation économique des coûts d'adaptation et sur les conditions de mise en oeuvre de changements réglementaires.

Pour accompagner et faciliter l'adaptation à ces changements subis ou annoncés, le Comité estime que la recherche doit se rapprocher de la collectivité nationale. L'expertise, qui est une des missions essentielles de la recherche publique, doit s'exercer ainsi selon des règles simples et en toute transparence. L'uniformisation des bonnes pratiques en la matière, que les opérateurs de recherche pourront conduire rapidement, contribuera à la qualité des échanges avec les acteurs de la société civile que le Comité encourage. Ces échanges impliquent de la part de leurs acteurs des contributions variées, de la consultation privilégiée de partenaires à la définition et au déroulement de programmes participatifs, en passant par des opérations de communication associant les médias. Ils devront envisager l'innovation sous tous ses aspects économiques et sociaux en faisant appel très en amont aux disciplines correspondantes. Ces échanges bénéficieront à l'identification des sujets émergents, qui est une mission majeure des opérateurs de recherche, ainsi qu'au traitement des alertes pour lesquelles ces opérateurs devront développer des procédures spécifiques. Le Comité souhaite qu'une instance nationale telle que le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT), puisse analyser et suivre ces évolutions. Enfin il souhaite que le rôle, légitime, du Parlement soit accru pour définir les priorités de recherche, évaluer les programmes et conduire des expertises publiques, collectives et contradictoires sur les sujets scientifiques les plus controversés, grâce à l'intervention notamment de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).

Enfin, les membres du Comité recommandent qu'un dispositif de suivi des conclusions du Grenelle de l'Environnement en matière de recherche soit mis en place, afin d'évaluer la traduction concrète des orientations qui seront retenues tant sur le plan thématique que budgétaire.

# Comité opérationnel "Recherche"



## Annexes

1. Lettre de mission
2. Composition du comité opérationnel
3. Liste des personnes auditées
4. Liste des contributions reçues
5. Rapports des groupes
  - a. Energie, économie d'énergie et des matières premières
  - b. Transports et mobilité
  - c. Santé et environnement
  - d. Agriculture, milieux, eaux et biodiversité
  - e. Urbanisme, ville et habitat
  - f. Une recherche au service de la société et à son écoute
6. Programme du séminaire du 25 avril et participants
7. Liste des 80 propositions du comité et correspondance avec les engagements du Grenelle de l'Environnement

*Le Ministre d'Etat*

*La Ministre*

Paris, le 03 JAN. 2008

Madame la Présidente,

Le « Grenelle de l'environnement » a permis d'amorcer collectivement la mutation écologique que notre pays est déterminé à entreprendre. Dans cette perspective, un certain nombre d'orientations et de conclusions ont été approuvées lors des tables rondes tenues du 24 au 26 octobre dernier.

La recherche tient une place majeure dans cette démarche : elle joue un rôle central dans l'analyse objective des processus environnementaux et est à l'origine des innovations technologiques indispensables à la préservation de l'environnement et à l'adaptation aux changements globaux de la planète. Les conclusions du « Grenelle de l'environnement » ont donc souligné avec force la nécessité d'intensifier notre effort de recherche sur les thématiques du climat, de l'énergie, des transports, de l'agriculture, de la biodiversité et de la santé environnementale.

Il s'agit désormais de mettre en œuvre ces conclusions en élaborant les programmes opérationnels correspondant aux axes stratégiques identifiés dans le Grenelle. Cette phase essentielle exige la mobilisation et l'engagement de tous les acteurs concernés. C'est à cette fin qu'une quarantaine de « chantiers » va être lancée dans les jours à venir pour mettre en œuvre les décisions du Grenelle.

Vous avez bien voulu accepter la responsabilité du comité opérationnel « Recherche » et nous vous en remercions. Il reviendra à ce comité de décliner de façon opérationnelle les conclusions du Grenelle en matière de recherche telles qu'elles apparaissent dans les documents annexés au présent courrier et de proposer en conséquence une stratégie nationale de recherche sur les thématiques suivantes : changement climatique ; nouvelles technologies de l'énergie ; transports propres ; soutien aux démonstrateurs technologiques ; bâtiments écologiques ; éco-conception et substitution des produits ; agriculture durable et OGM ; santé-environnement ; biodiversité ; réseaux de recherche écologiques long terme ; évaluation des impacts sociaux et économiques des politiques environnementales.

.../...

**Madame Marion GUILLOU**  
**Présidente directrice générale de**  
**l'Institut national de la recherche agronomique**  
**147, rue de l'Université**  
**75338 Paris Cedex 07**

Conformément aux annonces du Président de la République, le comité avancera des propositions sur le contenu, la répartition et le financement de l'enveloppe d'un milliard d'euros sur quatre ans qui sera consacrée à la recherche dans le domaine des énergies et des moteurs du futur, de la biodiversité et de la santé environnementale. Il veillera également à ce que l'effort de recherche sur les technologies propres et la prévention des atteintes à l'environnement s'établisse à un niveau équivalent de celui de la recherche nucléaire. Le comité identifiera les programmes de recherche et les acteurs publics responsables de leur mise en œuvre dans le cadre de l'effort ainsi réalisé.

Le secrétariat de ce comité sera assuré conjointement par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (Didier HOFFSCHIR) et par le ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables (Pierre VALLA). Ce secrétariat apportera au comité tous les concours nécessaires à ses travaux notamment pour l'élaboration du programme opérationnel et l'information des ministères concernés.

En outre, un secrétariat général du Grenelle se tient à votre disposition pour vous aider dans l'organisation logistique de vos travaux.

Il appartiendra au comité de solliciter en tant que de besoin les avis et les contributions des organismes, établissements et administrations spécifiquement concernés par ses travaux. Sa réflexion devra accorder une place particulière à la mobilisation des capacités de recherche des entreprises, qui conditionne le développement et la diffusion des solutions technologiques respectueuses de l'environnement de demain.

Enfin, ce comité veillera à définir des indicateurs et des modalités d'évaluation et de suivi de cette stratégie nationale de recherche.

Afin de bénéficier de la dynamique créée par le Grenelle de l'environnement, vous lancerez vos travaux dès les prochaines semaines et rendrez vos conclusions pour fin juin 2008.

La demande de la société sur ces sujets est particulièrement importante, comme l'ont montré les réunions publiques, les échanges internet, les médias, mais aussi les rencontres avec les acteurs socio-économiques. Le travail réalisé dans ce comité opérationnel, comme celui des autres chantiers d'application du Grenelle, doit fournir au Gouvernement et au Parlement, auxquels il reviendra in fine d'arbitrer, l'ensemble des outils et dispositions pratiques qui permettront d'atteindre effectivement les objectifs visés.

Nous savons pouvoir compter sur votre engagement personnel dans la réussite de cette mission.

Nous vous prions de croire, Madame la Présidente, à l'assurance de notre meilleure considération.



Jean-Louis BORLOO



Valérie PECRESSE

## **PARTENAIRES PROPOSES POUR LE COMITE OPERATIONNEL**

Pilotage : Marion GUILLOU (INRA) et Pascal COLOMBANI (AT Kearney)

Recherche académique : Jean-Yves PERROT (IFREMER), Dominique LE QUEAU (INSU, CNRS), Vincent LAFLECHE (INERIS), Guy BOURGEOIS (INRETS), Olivier APPERT (IFP), Jacqueline LECOURTIER (ANR), François MOISAN (ADEME), Laurence TUBIANA (IDDRI), Jean THERME (CEA)

Industriels / entreprises : Robert MAHLER (ALSTOM), Didier ROUX (Saint-Gobain), Martha HEITZMANN (Air Liquide), Jean-Pierre TILLON (In Vivo), Michel DUTANG (Veolia Environnement), France De BAILLENX (CGPME)

Parlementaires : Henri REVOL et Jean-Yves Le DEAUT (OPECST)

Coordination du comité : Didier HOFFSCHIR (MESR) et Pierre VALLA (MEDAD)

L'Etat pourra mobiliser les compétences suivantes : MEDAD (DRAST, DGEMP, D4E, DPPR, DGUHC, CGPC), MESR (DGRI, DGES, DREIC), MINEFE (DGE), MSJS (DGS), MTRSS (DGT), MAP (DGAL)

## **GRANDES LIGNES DU PROGRAMME OPERATIONNEL**

Le comité opérationnel (COMOP) recherche a pour objet de s'assurer de la mise en œuvre des conclusions du Grenelle de l'Environnement dans le domaine de la recherche.

Le comité identifiera les programmes de recherche et les acteurs responsables de leur mise en œuvre dans le cadre de l'effort ainsi réalisé. Il définira des indicateurs et des modalités d'évaluation et de suivi de cette stratégie nationale de recherche.

Il fera appel aux capacités de recherche tant des organismes publics que des entreprises sans avoir vocation à traiter de dossiers individuels d'entreprise. Il sera attentif à la mobilisation des capacités de recherche existantes actuellement dans le domaine de l'environnement et proposera le renforcement des capacités de recherche dans les secteurs où la France est encore déficitaire.

## **INTERFACE AVEC LES AUTRES CHANTIERS OPERATIONNELS DU GRENELLE**

Différents chantiers d'application du Grenelle seront conduits à alimenter, au cours de leurs travaux, le volet scientifique de leur thématique propre à partir des relevés de conclusion de la table ronde. Ces éléments seront transmis au comité opérationnel « recherche » qui harmonisera les moyens adaptés pour les mettre en œuvre (appel à projet, inflexion de stratégies de recherche, inscription spécifique dans la programmation d'un organisme...). Le comité opérationnel « recherche » tiendra les chantiers émetteurs de ces demandes informés des réponses qu'il pourra leur apporter.



## ***Annexe 2 : Composition du COMOP « Recherche »***

### **Liste des membres**

Présidente : Marion GUILLOU (présidente directrice générale de l'INRA)

Vice-président : Pascal COLOMBANI (membre de l'Académie des Technologies, senior advisor A.T.Kearney, administrateur de sociétés, ancien administrateur général du CEA)

Recherche académique :

- Jean-Yves PERROT (président de l'IFREMER),
- Dominique LE QUEAU (directeur de l'INSU, CNRS),
- Vincent LAFLECHE (directeur de l'INERIS),
- Jacqueline LECOURTIER (directrice de l'ANR),
- Laurence TUBIANA (directrice de l'IDDRI).
- Guy BOURGEOIS (directeur de l'INRETS)
- Olivier APPERT (président de l'IFP)
- François MOISAN (directeur de la stratégie et de la recherche de l'ADEME)
- Jean THERME (directeur de la recherche technologique du CEA)

Entreprises :

- Michel DUTANG (directeur de la recherche et du développement de Veolia environnement),
- Robert MAHLER (président France d'ALSTOM),
- Didier ROUX (directeur de la recherche de Saint-Gobain)
- Martha HEITZMANN (directrice de la recherche et développement du groupe Air Liquide)
- France DE BAILLENX (CGPME)
- Jean-Pierre TILLON (directeur scientifique de l'Union des coopératives « In vivo »)

Parlementaires :

- Henri REVOL (sénateur de la Côte-d'Or, président de l'OPECST)
- Jean-Yves Le DEAUT (député de la Meurthe-et-Moselle, membre de l'OPECST)

Coordination du comité

- Didier HOFFSCHIR (MESR)
- Pierre VALLA (MEDAD)
- Eric LEMAITRE (MESR)
- Eric VINDIMIAN (MEDAD)

*Le Comité souhaite adresser ses remerciements à Louis Albert (AT Kearney), Patrick Faisques (Veolia environnement) et Lise Poulet (INRA) pour leur collaboration à l'ensemble du projet, ainsi qu'à Patrice Van Lerberghe (IGAENR) et Philippe Casella (MESR) pour leur contribution au volet "Science et société".*



## Liste des auditions réalisées par le comité

### Auditions en réunion plénière :

21 mai

- **Jean-Martin Folz**, ancien président de PSA, président de l'AFEP
- **Henri Guillaume**, inspecteur général des finances, ancien directeur de l'ANVAR

### Auditions en réunion de sous-groupe sectoriel :

#### 1) Sous-groupe « Agriculture, milieux, eaux et biodiversité »

► 30 janvier 2008

- **Guy Riba**, directeur général délégué de l'INRA

► 7 février 2008 : auditions « Biodiversité »

- **Bertrand Pierre Galey**, directeur général du Muséum national d'histoire naturelle.
- **François Letourneux**, président du comité français de l'UICN.
- **Xavier Leroux**, directeur de recherche INRA, responsable de l'équipe « groupes fonctionnels microbiens et cycle de l'azote »
- **Bernard Delay**, directeur du département Ecologie et développement durable du CNRS

► 14 février 2008 auditions : « OGM – Biotechnologies »

- **Georges Pelletier**, directeur de recherche exceptionnel, Station de Génétique et Amélioration des Plantes de l'INRA, président du directoire de Génoplante.
- **Daniel Chéron**, directeur général, groupe Limagrain
- **Pierre-Henri Gouyon**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle
- **Pierre-Benoit Joly**, unité « Transformations sociales et politiques liées au vivant », INRA, Ivry-sur-Seine.

► 28 février 2008 auditions : « Biomasse, eaux, chimie verte »

- **Ghislain Gosse**, directeur du centre INRA de Lille,
- **Paul Colonna**, chef du département "Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture", INRA
- **Jean-Paul Cadoret**, directeur de recherche à l'IFREMER, responsable de l'unité "Physiologie et biotechnologie des algues", Ouest-génopole,
- **Patrick Lavarde**, directeur de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques.

► 10 mars 2008 auditions : « Agriculture à haute valeur environnementale, adaptation au changement climatique, développement, indicateurs »

- **Michel Griffon**, agronome – économiste, conseiller pour le Développement durable au CIRAD, responsable des programmes « Environnement et développement durable » de l'Agence nationale de la recherche, ancien président du FFEM.
- **Etienne Hainzelin**, directeur de la stratégie du Cirad
- **Jean-Claude Menaut**, Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse, directeur de recherche CNRS, chargé de mission INSU sur les surfaces continentales (division SIC)

► 15 avril 2008 auditions : « Milieux et adaptation au changement climatique »

- **Antoine Kremer**, directeur de l'unité mixte de recherche « Biodiversité, gènes et communautés » INRA-Université Bordeaux I
- **Michel Vauclin**, Institut national des sciences de l'univers du CNRS (INSU)

## 2) Sous-groupe « Santé et environnement »

► 11 février 2008

• **Francelyne Marano**, directrice du laboratoire de cytophysiologie et toxicologie cellulaire, Université Paris 7-Denis Diderot

► 20 février 2008

• **Gérard Fries** Véolia  
• **Denis Zmirou**, Inserm

► 21 février 2008

• **Paul Frimat**, CHU  
• **Paul Rigny**, Fédération française de chimie  
• **Robert Barouki**, Inserm  
• **Patrick Flammarion**, Onema  
• **Bernard Jégou**, Inserm

## 3) Sous-groupe « Energie, économie d'énergie et des matières premières »

► 15 février 2008

• **Eric Pilaud**, Schneider Electric  
• **Robert Tetrel**, CETIAT  
• **Eric Laborde**, Photowatt  
• **Jean-Marie.Tarascon**, Université de Picardie  
• **Jean Syrota**, Centre d'Analyse Stratégique

► 3 mars 2008

• **Michèle Pappalardo**, MEDAD  
• **Yves Bamberger**, EDF  
• **Neil Hirst**, AIE  
• **Y. Yoshimoto**, NEDO  
• **Jean-François Minster**, TOTAL

## 4) Sous-groupe « Transport et mobilité»

► 7 mars 2008

• **Christian Contzen**, mécachrome  
• **Guillaume Devauchelle**, directeur de la R&D de VALEO  
• **Eric Poyeton**, directeur Stratégie Produit Services de Renault Trucks et président du pôle LUTB  
• **Jacques Lacambre**, président du pôle MOVEO  
• **Alain Vignaud**, directeur Conception et Technologies Groupe Motopropulseur RENAULT  
• **Jean Pierre Goedgebuer**, directeur Scientifique – PSA  
• **Pierre Vellay**, directeur de la flotte Air France  
• **Christian Scherer**, directeur de la stratégie et R&D, Airbus  
• **Patrick Gandil**, Medad/DGAC

## 5) Sous-groupe « Urbanisme, ville et habitat »

► 6 février 2008

• **Alain Maugard**, président du CSTB et du COMOP 1

► 14 février 2008

• **Yves Farge & Alain Mongon**, Académie des Technologies  
• **Jean-Pierre Traisnel**, CNRS

► 18 février 2008

• **Armel de la Bourdonnaye**, Directeur de la Recherche de l'ENPC

## Auditions en réunion de groupe transversal

### **A. Groupe « Adaptation au changement climatique »**

- ▶ 22 avril 2008
  - Marc Gillet, directeur de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC)
  
- ▶ 29 avril 2008 : « Etat des lieux et futur des simulations climatiques »
  - Robert Vautard (LSCE/CEA-CNRS)
  - Pascale Braconnot (LSCE/CEA-CNRS)
  
- ▶ 6 mai 2008 : « Questions économiques et financières de l'adaptation »
  - Christian de Perthuis, CDC
  - Christian Gollier, LERNA/INRA

### **B. Groupe « Recherche et expertise »**

- ▶ 3 juin 2008 : « Place, légitimité et spécificité de l'expertise scientifique » et « Modalités d'exercice et de régulation de l'expertise »
  - **Valérie Baduel**, directrice adjointe de l'AFFSA
  - **Jean-François Girard**, président de l'IRD
  - **Stéphane Raud**, directeur du département expertise et valorisation de l'IRD
  - **Bernard Meunier**, président Directeur Général de PALUMED, membre de l'Académie des Sciences, ancien président du CNRS
  
- ▶ 11 juin 2008 : « Responsabilité », « Diffusion, mise à disposition, collecte et centralisation de l'expertise » et « Intégration et valorisation de l'expertise des établissements français au plan européen et à l'international »
  - **Gérard Bréard**, directeur de l'Institut Santé Publique (INSERM)
  - **Jean Jouzel**, directeur de recherche au CEA (IPSL) Vice-président du GIEC
  - **Bernard Bigot**, Haut-commissaire à l'Energie atomique
  - **Yves Miserey**, journaliste au Figaro
  
- ▶ 11 juin 2008
  - **Alfred Spira**, directeur du Groupement d'intérêt scientifique « Institut de recherche en santé publique » de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM)
  - **Jean-Pierre Finance**, président de la Conférence des présidents d'université (CPU)
  - **Michel Lussault**, vice- président « recherche » de la Conférence des présidents d'université (CPU)



## Contributions écrites adressées au comité

### 1) Contributions reçues des autres chantiers du Grenelle de l'Environnement

(propositions intermédiaires ou issues des rapports finaux)

- chantier 1 « Bâtiments neufs publics et privés »
- chantier 3 « Bâtiments existants »
- chantier 7 « Transports urbains et périurbains »
- chantier 8 « Développement industriel de véhicules performants »
- chantier 9 « Urbanisme »
- chantier 12 « Gestion intégrée mer-littoral »
- chantier 14 « Agriculture biologique »
- chantier 15 « Agriculture écologique et productive »
- chantier 17 « Eau »
- chantier 18 « Bruit »
- chantier 19 « Veille sanitaire et risques émergents » (en attente)
- chantier 20 « Elaboration concertée du PNSE2 »
- chantier 21 « Portail environnemental et veille »
- chantier 24 « Institutions et représentativité des acteurs »
- chantier 25 « Entreprises et RSE »
- chantier 26 « Education » (séminaire de travail conjoint organisé le 25 avril 2008)
- chantier 27 « Outre-mer »
- chantier 28 « Collectivités exemplaires »

### 2) Contributions écrites reçues par le comité

Académie des Sciences

ADEME

ANDRA

Assises de la forêt

Association EDEN

BRGM

CEA

Cemagref

Cemagref/Ineris

« Chaire Finance et développement durable : approches quantitatives » Université Paris – Dauphine

CIRAD

Claude Roy, coordinateur interministériel pour la Valorisation de la biomasse

CNES

CNRS (programmation financière énergie, ville)

CNRS-INSU & PACEN

Comité interorganismes « Environnement » (CNRS/INSU, CEA/DSM, Météo France, Institut Pierre Simon Laplace)

Conseil général des Ponts et chaussées, section3, Yves Trepmpat (utilisation des techniques spatiales en support du développement durable)

Etablissements universitaires\*

Fondation santé-radiofréquences

Haut commissaire à l'énergie atomique

Ifremer

IFP

INED

INRA

INRETS

Institut Pasteur

Institut technologique FCBA (filière bois)

IRD

IRSN

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais)

LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement)

MEEDAT / Comité de la prévention et de la précaution

MEEDDAT, DGAC (DPAC)

MEEDDAT, DGEMP

MEEDDAT, DGMT

MEEDDAT, DGUHC

MEEDDAT, direction de la prévention des pollutions et des risques

MNHN

OSEO

PIE (Programme Interdisciplinaire Energie)

Pôle Mer Bretagne

Programme Astuce et Tic (Alain Dangeard)

PREDIT

Sauvons le climat (DGEMP)

\* Contributions des établissements universitaires

1. Chambéry – Université de Savoie
2. Etablissements de la région Rhône Alpes
3. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse
4. Université de Dijon-Bourgogne
5. Université de Limoges  
*Centre de Recherche Interdisciplinaires en Droit de l'Environnement, de l'Aménagement et de l'Urbanisme (CRIDEAU)*  
*Groupe de recherches, Eau, Sols, Environnement (GRESE)*
6. Université Lyon 1 – Claude Bernard
7. Université Montpellier 2 – Sciences et techniques du Languedoc  
*Botanique et bioinformaTique de l'Architecture des Plantes (AMAP)*  
*Ecosystèmes Lagunaires (ECOLAG)*
8. Université de Nice Sophia Antipolis
9. Université Strasbourg 1-Louis Pasteur
10. Université Bordeaux 1-Sciences et Technologies
11. Université de Rouen

## Annexe 5 : rapports des groupes de travail sectoriels

- a. Energie, économie d'énergie et des matières premières
- b. Transports et mobilité
- c. Santé et environnement
- d. Agriculture, milieux, eaux et biodiversité
- e. Urbanisme, ville et habitat
- f. Une recherche au service de la société et à son écoute



<b>COMOP RECHERCHE</b> <b>Sous Commission énergie</b>
----------------------------------------------------------

Les travaux du sous groupe énergie se sont appuyés sur l'auditions de neuf experts et une trentaine de contributions écrites.

**Etat des lieux :**

La politique énergétique française témoigne d'une certaine continuité au fil des années. Elle s'est efforcée depuis plusieurs décennies de promouvoir l'indépendance énergétique et la sécurité d'approvisionnement. Elle a plus récemment pris en compte la question du changement climatique et de la protection de l'environnement comme des enjeux de premier plan.

La France est pauvre en ressources énergétiques d'origine nationale à la différence de plusieurs grands pays industriels, notamment européens qui bénéficient de matières premières relativement abondantes.

Afin d'assurer dans ce contexte, au mieux des intérêts du pays, la sécurité de ses approvisionnements en énergie, la politique énergétique française doit privilégier une utilisation de l'énergie, la plus efficace possible, et le développement d'une offre nationale reposant sur une utilisation optimale de l'énergie nucléaire et des énergies renouvelables disponibles.

Parmi les renouvelables, l'offre de solution est ouverte et plusieurs solutions sont candidates pour produire de l'énergie thermique, de l'électricité ou des carburants de substitution au pétrole sans être dépendantes de stocks miniers, ni émettre de dioxyde de carbone.

La France est le 7<sup>ème</sup> plus gros consommateur d'énergie au monde avec 276 Mtep en 2005 (source : AIE), derrière l'Allemagne et le Japon. Avec 4,4 tep consommées par habitant, elle se situe à la 18<sup>ème</sup> place des pays de l'OCDE.

**Propositions :**

Dans tous les cas, le groupe de travail souhaite que

- des Road map soient réalisées, permettant de situer dans le temps l'accessibilité des technologies ainsi que les objectifs à atteindre favorisant ainsi une vision dynamique des conséquences à attendre de l'émergence de nouvelles technologies.
- des démonstrateurs, correspondant à la définition proposée par le COMOP Recherche, soient réalisés.
- qu'une stabilisation des objectifs prioritaires gouvernementaux et des aides associés se réalisent afin d'obtenir le bénéfice des efforts mis en œuvre par les pouvoirs publics.

**1 Energie renouvelable**

Si l'énergie solaire est sans contexte là ou nous préconisons l'effort le plus important, l'utilisation de la biomasse de deuxième génération est aussi une technologie d'avenir que la France se doit explorer. Nous donnons aussi un avis sur d'autres énergies alternatives (la classification proposée n'est pas une hiérarchisation de celles ci).

**1.1 Solaire**

**1.1.1 Solaire thermique (court terme - rester présent)**

Il est nécessaire d'améliorer les dispositifs existant dans deux directions : l'abaissement du coût et le développement de systèmes combinés chauffe-eau/chauffage.

La gestion globale des systèmes de chauffages couplés avec d'autres sources énergétiques est un élément clé du développement de ces technologies. En faisant appel aux NTIC, on devrait pouvoir

grandement faciliter ces utilisations couplées optimisant ainsi le recours à des sources énergétiques diversifiées. Il faudra cependant s'assurer de l'aval industriel PMI/PME et des grands groupes. Sur un plus long terme il y a un intérêt à réfléchir au stockage inter saisonnier.

### **1.1.2 Solaire à concentration pour produire de l'électricité** *(ne pas négliger)*

Ces technologies se développeront dans des pays bénéficiant à la fois d'un fort ensoleillement et de surfaces au sol accessibles. C'est donc, pour la France, des marchés potentiels à l'export qui peuvent se développer. La France possède des entreprises pouvant proposer des éléments technologiques (miroirs, tubes...) et des compétences, c'est un domaine à ne pas négliger.

### **1.1.3 Solaire Photovoltaïque** *(à développer court et long terme, prioritaire)*

Nous avons relevés des enjeux multiples qui correspondent à la multiplicité des technologies prometteuses qui se développent. Les jeux technologiques ne sont pas faits et c'est le domaine par excellence où la recherche peut conduire à des ruptures technologiques qui changeront la donne.

Sur les technologies du silicium cristallin et semi-cristallin qui dominent actuellement et continueront à se développer pendant encore un certain temps, l'effort doit porter sur l'ensemble de la chaîne. L'enjeu essentiel est la baisse de coût du produit final en travaillant à la fois sur des technologies plus performantes sur chaque maillon de la chaîne et sur leur intégration dans un processus industriel global, mais aussi sur la fourniture d'un silicium spécifique à un coût plus bas. En cela le programme sur l'utilisation de silicium métallurgique présente un grand intérêt. Il faudra veiller à ce qu'une industrie à la hauteur des enjeux de cette filière se développe en bénéficiant des retombées directes de la R&D.

L'émergence de technologies de couches minces (silicium amorphe, CIGC, CdTE...) est certainement le début d'une rupture technologique qui devrait permettre au solaire photovoltaïque de continuer à gagner en compétitivité. En France les conditions existent pour l'établissement d'une filière industrielle (Saint-Gobain, EDF EN...). La compétence technique de nos laboratoires est établie. C'est l'un des domaines où les jeux ne sont pas faits et des possibilités (en particulier pour des acteurs intermédiaires de type PMI) existent. Des cellules à haut rendement basées sur des technologies multi-jonctions ont un potentiel intéressant dans le futur (Photowatt). L'apparition de nouveaux matériaux basés sur les nanotechnologies ou les polymères organiques méritent aussi d'être explorés. Entre le foisonnement des technologies nouvelles et les besoins du marché, l'Etat se doit d'aider à l'émergence de ce qui sera, sans nul doute à long terme, une des technologies majeures de production d'électricité. Les coûts doivent diminuer sur l'ensemble de la chaîne industrielle allant des cellules au module à l'intégration dans les bâtiments en tenant compte de la pose. La structuration d'une filière allant de la production de modules à la pose est indispensable. Ce dernier point a été abordé dans la sous-commission habitat.

### **1.2 Biomasse 2e génération** *(à développer, prioritaire)*

Si l'énergie issue de la biomasse de première génération est contestable d'un point de vue écologique celle de deuxième génération présente un intérêt certain. Deux voies principales sont envisageables pour produire des éléments énergétiques : la voie chimique (appelée quelque fois thermo-chimique) et la voie enzymatique ou biologique. Il existe plusieurs projets regroupant des industriels et des laboratoires publics qu'il faut soutenir. Un rapport sur la question existe et nous n'avons pas élaboré de scénarios sortant de ce rapport. Notons cependant qu'il faudra là aussi développer des recherches sur l'ensemble de la filière industrielle potentielle et en particulier sur la mobilisation de la ressource.

### **1.3 Eolien** *(techno mature, pas d'industriels en France)*

Se limiter aux projets touchant des fermes Eoliennes si une innovation perceptible est proposée.

#### **1.4 Géothermie** (*rester présent*)

La géothermie reste une technologie accessible ou des progrès sont encore possibles. En particulier dans le cas de la géothermie décentralisée ou les pompes à chaleur sont encore loin de leur optimum. Il faut noter qu'un progrès sur les pompes à chaleur (amélioration du COR, baisse de coût) aurait un impact rapidement très positif dans le domaine de l'habitat ancien.

Dans le cas de la géothermie centralisée à basse température les réseaux de chaleur peuvent être encore être exploités. A l'exception des DOM, le groupe de travail considère que la géothermie à haute température a une exploitation limitée.

#### **1.5 Energies marines** (*être présent*)

Il existe une opportunité de soutenir quelques projets locaux mais notre recommandation est de participer autant que possible aux coopérations internationales pour faire les preuves de concepts nécessaires (bonnes compétences de nos industriels à l'off-shore).

#### **1.6 Le bois** (*mature*)

Si la production industrielle peut être considérée comme mature (avec un intérêt principalement pour les systèmes à postcombustion), il nous semble qu'il faut s'intéresser en priorité aux impacts sanitaires en particuliers sur les productions localisées. Des études récentes montrent un risque d'émission de micro-particules ainsi que le relargage des métaux lourds stockés dans le bois.

### **2. Pile à combustible**

Le développement potentiel de système pile à combustibles à oxydes solides (SOFC) fonctionnant au gaz pour des applications dans le domaine de l'habitat nous semble devoir être soutenu dans un cadre d'amélioration de la production électrique permettant aussi de récupérer la chaleur (cogénération).

Les travaux doivent aussi porter sur les développements pour les autres premiers marchés, notamment de niches, accessibles d'ici 2015 pour le couple PAC et hydrogène : groupes de secours, applications portables, transports lourds ou publics.

Les PEMFC sont privilégiées pour les applications aux transports. Les recherches doivent être maintenues pour conserver notre bon positionnement international et disposer d'avantages compétitifs lorsque le marché des PAC pour les transports émergera.

Enfin, les micro-piles à combustibles pour applications nomades (téléphones portables, ordinateurs, PDA, caméscopes...), grâce à des technologies de couches minces constituent une priorité de marché à très court terme prouvant la faisabilité technologique des PAC et favorisant leur acceptabilité auprès du grand public.

### **3. Energie Nucléaire et énergie fossiles**

Aujourd'hui et demain, l'approvisionnement en énergie, tant au niveau français qu'au niveau mondial, est et sera assuré à plus de 80 % par l'énergie nucléaire et les énergies fossiles. Notre pays dispose, dans ces domaines, d'acteurs industriels majeurs qui ont su développer des technologies compétitives au niveau mondial, tant dans le domaine nucléaire que dans celui du pétrole et du gaz.

Concernant les technologies actuelles, l'idée générale est que la recherche doit être menée par les entreprises qui proposent des technologies et que l'Etat doit soutenir leur compétitivité.

Dans le domaine nucléaire, deux axes prioritaires au soutien public ont été relevés : le prolongement de la durée de vie des réacteurs et les différents axes de recherche sur la gestion durable des matières et déchets radioactifs<sup>1</sup>.

D'un point de vue plus long terme les technologies de quatrième génération doivent continuer à bénéficier d'un soutien public.

Dans le domaine des énergies fossiles, des axes prioritaires au soutien public concernent l'amélioration de l'efficacité énergétique, la production de produits propres et l'amélioration des taux de récupération des énergies fossiles pour accroître les réserves et la production.

Une des applications annexe de l'énergie nucléaire pourrait être la production d'hydrogène par l'électrolyse haute température (EHT). Cette technologie, très innovante, mérite d'être explorée avec un soutien de la part de l'état. Plus généralement, on peut assister à long terme à une synergie entre énergie nucléaire et énergie fossile. La disponibilité d'énergie bon marché sous forme de chaleur, d'électricité, d'hydrogène, grâce au nucléaire, peut contribuer à revoir les technologies de production et de transformation d'énergie fossile. Cette perspective à long terme peut représenter un enjeu stratégique majeur pour nos entreprises de par leur maîtrise technologique dans les domaines des énergies nucléaires et fossiles.

Il est ressorti de nos discussions un très fort besoin de formation qui, si rien n'est fait, ne permettra pas de développer les compétences nécessaires au développement des marchés basés sur ces technologies tant nucléaires que fossiles.

#### **4. Gestion de l'énergie : réseaux électriques, composants électroniques de puissance** (*La France bien placée, prioritaire*)

Les cibles principales nous semblent être : le bâtiment intelligent, le couplage des énergies renouvelables au réseau et le transport. On notera en particulier des progrès à faire dans le domaine des composants de puissance et de la gestion des systèmes. Nous proposons la création d'une plateforme de démonstration avec une centralisation de la recherche.

#### **5. Stockage de l'énergie : Batteries** (*prioritaire*)

Dans le domaine du stockage de l'énergie, outre l'hydraulique, il existe une vraie compétence en France sur les batteries, mais une filière industrielle faible. Nous pensons que des industriels utilisateurs de batterie pourraient s'impliquer fortement dans la définition de systèmes à utiliser même si la réalisation pourrait se trouver en Asie. Ces systèmes sont clés dans le développement et la généralisation de certaines technologies (habitat, transport) et peuvent permettre de développer un avantage concurrentiel. Nous préconisons la création d'une plateforme technologique s'appuyant sur une filière industrielle conception/partenaire aval. Les autres technologies de stockage de l'énergie nous semblent moins prioritaire (chaleur, air comprimé, mécanique...) ou à plus long terme (hydrogène).

#### **6. Captage et stockage du CO2**

La France ne peut pas être absente du développement des technologies de captage et de stockage géologique du CO2. Si les applications en France seront limitées, c'est un marché potentiel à l'export où les entreprises Françaises peuvent avoir un rôle non négligeable à jouer. Il s'agit avant tout de développer à travers des démonstrateurs l'ensemble des technologies nécessaires, en particulier pour le stockage dans les aquifères.

#### **7. Sciences humaines et sociales**

---

<sup>1</sup> Loi n° 2006.739 du 28 juin 2006 qui a remplacé la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991

Le développement de nouvelles options énergétiques ne sauraient s'effectuer sans une articulation étroite avec leur insertion dans l'univers social. Cela suppose une recherche socio-économique sur l'énergie à même d'éclairer les enjeux des politiques énergétique et de recherche. Cela implique également que la conception même des technologies s'effectue avec le souci de prendre en compte l'environnement dans lequel elles devront se déployer et le comportement des consommateurs qui décideront ou non, d'adopter les innovations proposées.

## 8. Conclusions

L'ensemble de ses recommandations se retrouve dans 4 grands domaines correspondant aux propositions énoncées par Marion Guillou.

	Recherche	Démonstration	Total	
<b>Energie</b>	Démonstrateur captage et stockage du CO2	10	100	460
	Energie solaire : Thermique – à concentration - PV	75	80	
	Autre énergies, convertisseurs, stockage et gestion de l'énergie	40	40	
	Biomasse de 2 <sup>ème</sup> génération (Thermochimique – Enzymatique)	20	80	

## **Annexe Habitat et transport**

Nous avons aussi abordé les problématiques propres à l'habitat et au transport ceci en concertation avec les sous commissions correspondantes. Sans revenir sur leurs rapports nous reportons ici sous forme de mots clés les principaux thèmes qui nous semblent prioritaires.

### **A.1 Habitat** (*Prioritaire*)

- Structuration des milieux de recherche en impliquant toute la chaîne des acteurs
  - Matériaux
  - Systèmes
  - Mise en œuvre construction
- Rénovation : nouvelles techniques à mettre en place
- Sujets (*à préciser avec la commission Habitat*)
  - Isolants haute performance
  - Intégration PV au bâtiment
  - Logiciel global du calcul de l'efficacité énergétique
    - Modélisation des matériaux au bâtiment
  - Ventilation
  - Confort d'été adaptation des bâtiments Basse énergie au climat Français
- Deux types de démonstrateurs (avec l'ensemble de la filière)
  - Démonstrateurs de recherche (*à aider en coût complet*)
  - Opération de démonstration (*à aider en coût marginal*)
    - En se focalisant sur l'initiation de filières

### **A.2 Transport**

- Amélioration des véhicules actuels (*court terme*)
  - Motorisation
  - Matériaux (allègement)
  - Aérodynamique
  - Auxiliaires
- Vers des véhicules propres et économes (*court et long terme*)
  - Hybrides, points clés :
    - Stockage et gestion de l'énergie, composants de puissance
    - Optimisation du moteur thermique
  - Electrique (*moyen terme*)
    - Stockage et gestion de l'énergie, composants de puissance
  - Biocarburant
  - Pile à combustible H2 (*long terme*)

## **Comité opérationnel Recherche du Grenelle de l'environnement** **Sous-groupe Transport et Mobilité**

Les travaux du sous groupe transports et mobilité se sont appuyés sur l'audition de huit experts et une quinzaine de contributions écrites.

### **Etat des lieux :**

La forte augmentation de la demande pose d'emblée la question du développement durable du secteur des transports. Avant d'identifier les actions à mener pour répondre à cette problématique, il est nécessaire de rappeler succinctement le contexte et les principaux enjeux :

#### ***- L'environnement et l'efficacité énergétique***

La maîtrise des émissions de polluants demeure un objectif important même si des progrès très significatifs ont déjà été accomplis dans ce domaine.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre, dont le CO<sub>2</sub> constitue une part significative, est également devenue une problématique majeure. La réduction de la consommation est donc un axe d'amélioration capital cela passe principalement par l'amélioration de l'efficacité énergétique des moteurs mais aussi par la recherche de nouveaux matériaux plus légers.

#### ***- La sécurité de l'approvisionnement en énergie***

Les réserves en combustible fossile sont finies par nature. De plus, les incertitudes géopolitiques fragilisent la pérennité des approvisionnements en pétrole. Au-delà des technologies permettant d'accroître le niveau de production du pétrole conventionnel, il est nécessaire de diversifier les approvisionnements vers des sources alternatives (électricité, huiles lourdes, gaz naturel, biomasse, etc.). Il est donc indispensable de valider puis d'optimiser le fonctionnement des moteurs alimentés avec ces énergies alternatives.

#### ***- La compétitivité industrielle***

L'industrie du transport est un acteur économique majeur en France. Elle est au centre d'un vaste réseau qui comprend notamment l'industrie équipementière, des petites et moyennes entreprises, des centres de recherche et des laboratoires (la dépense publique est estimée à 450 M€/an). Elle contribue pour une part importante à la création de richesses et permet le maintien de millions d'emplois directs et indirects. Toutefois, le maintien de ces performances est difficile et la concurrence internationale est rude. Il est donc essentiel de soutenir cette industrie dans ses efforts de R&D afin qu'elle conserve ses avantages et sa place sur le marché, et ce, de manière pérenne.

### **Propositions :**

Qu'il s'agisse du transport terrestre ou aérien, il existe des programmes structurants (Predit, Acare) qui rassemblent les acteurs et décideurs. Ils contribuent à créer un tissu de compétences et une somme d'échanges très riches, se montrant ainsi capable de traiter des sujets complexes multipartenaires ; en particulier, ils savent rassembler la recherche, l'industrie et le politique, ce qui constitue généralement une circonstance favorable à l'innovation. En complément de ces deux programmes, le sous-groupe « transport et mobilité » propose les projets qui suivent, visant à mettre en évidence des efforts de recherche ciblés en identifiant le besoin de plateforme commune de R&D, mais aussi un besoin de démonstration sur certaines filières.

## Transport routier

Les auditions conduites dans le cadre du COMOP recherche et les travaux du COMOP 08 ont fait émerger un relatif consensus sur les orientations suivantes :

- Les véhicules du futur seront de plus en plus « électrifiés » : les différents auxiliaires qui s'intègrent et s'intégreront aux véhicules reposent sur des alimentations en électricité et l'hybridation croissante des véhicules permettra d'améliorer l'efficacité énergétique globale du véhicule. Il sera donc nécessaire de disposer d'une capacité croissante de stockage de l'électricité jusqu'à fournir l'énergie de traction.
- A ce stade la faible présence d'industriels français à l'exception notable des acteurs SaftBatteries (joint venture Johnson Contrôl Automotive Electronics) et Bolloré/Batscap sur le développement de batteries de traction est certainement un handicap, alors que la recherche publique est à un bon niveau international. Cette situation ne saurait, pour autant, conduire à abandonner la conception et le développement de véhicules hybrides ou électriques compte tenu des développements internationaux sur les batteries.
- Les enjeux de l'hydrogène justifient de maintenir un certain niveau de recherches mais l'horizon de déploiement des piles à combustibles avec l'hydrogène embarquée relève du plus long terme. En revanche des l'utilisation de piles à combustible pour les auxiliaires (APU) est possible à plus court terme.
- Le développement de petits véhicules urbains électriques pour des flottes captives et l'hybridation croissante des véhicules classiques (du « stop and start » au full hybrid) devraient constituer une stratégie de rupture, tout en permettant une évolution progressive et continue des gammes.

Ces éléments de rupture ne sont pas en contradiction avec les recherches visant à améliorer et optimiser les motorisations existantes car l'hybridation ne se fera que progressivement et les performances des chaînes de traction thermiques resteront essentielles (une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 25% à 30% est d'ores et déjà envisageable). Au plan des technologies, il s'agira de préparer les progrès encore possibles sur le moteur à combustion interne (efficacité, dépollution, adaptation aux carburants alternatifs) et d'accompagner vigoureusement le développement des motorisations hybrides et électriques (stockage et gestion de l'énergie électrique, optimisation des chaînes de traction). On peut noter que l'évolution des motorisations thermiques vers des cylindrées plus faibles et un recours accru à la suralimentation qui s'effectue pour des objectifs de gains en rendement (réduction perte par frottement, perte par pompage sur les moteurs essence, allègement du GMP) et d'encombrement sous capot à la bonne d'idée d'être « en phase » avec les besoins de motorisations thermiques réduites pour le cas des véhicules hybrides. En retour, l'apport de l'hybridation (c'est même sa raison d'être) permet de placer plus facilement le moteur thermique dans une plage de fonctionnement efficace : ceci est un apport par exemple pour des combustions avancées ou pour le fonctionnement de systèmes de dépollution.

La réduction des coûts de ces différents développements sera un objectif majeur pour la recherche, afin que les progrès puissent concerner des gammes aussi larges que possible de véhicules.

L'hybridation concernera non seulement Véhicules Particuliers et Véhicules Utilitaires Légers mais également les Poids Lourds (12 à 19t) utilisés pour la distribution en agglomération, les bus et bennes à ordures ménagères.

Les différents sujets de recherche sont les suivants :

- les batteries et super condensateurs en visant l'accroissement de l'autonomie mais aussi la fiabilité, la réduction des coûts, la durabilité ;
- la conception de véhicules spécifiquement électriques permettant l'optimisation des différentes fonctionnalités (stockage, motorisation...), les auxiliaires (par exemple chauffage et climatisation de l'habitacle), l'éventuelle interchangeabilité des batteries... ;
- les concepts de motorisation électrique en rupture (moteur-roue)

- les composants électroniques de puissance et ceux des chaînes de traction hybrides et électriques, notamment pour permettre d'optimiser des options d'hybridation de plus en plus complètes ;
- La conception et la démonstration de véhicules spécifiquement urbains électriques tant pour les véhicules particuliers que pour les véhicules utilitaires légers.

La période 2008 – 2012, sur laquelle se déploiera cet effort de R&D, sera également l'occasion d'intensifier les investigations sur les interactions entre la nature des véhicules de demain (véhicule hybrides, électriques, véhicules urbains) et l'organisation du système de transport, au sein d'un même mode et entre les différents modes (développement de voies dédiés, tarification différenciée des infrastructures...). Les recherches sur l'émergence potentielle de nouveaux services associés avec ces nouvelles technologies (petits véhicules urbains en propriété partagée, interopérabilité avec les transports en commun, concept de ville et mobilité durable ...) devra être prise en compte ainsi que les outils pour un usage optimal des véhicules (aide à la conduite, information temps réel, gestion de l'énergie).

Dans le même ordre d'idées, l'émergence de technologies de véhicules spécifiques comme l'hybride rechargeable (« Hybride plug-in ») est une opportunité pour les acteurs en charge de l'organisation des transports (collectivités, autorité organisatrice de transport urbain) et/ou des acteurs économiques : stationnement spécifique avec borne de recharge sur des parkings relais, en entreprise pour les salariés. Ceci doit permettre de soutenir des politiques incitatives pour des modes de transports plus vertueux.

La situation qui prévaut au printemps 2008 montre que les acteurs du domaine de l'automobile sont à un carrefour très lourd de conséquences au regard des enjeux du changement climatique : alors que jusqu'à présent les options stratégiques des constructeurs automobiles français ne prenaient pas encore leur juste dimension les implications de la lutte contre le changement climatique et privilégiaient la seule optimisation des véhicules et motorisations classiques (avec l'argument recevable des progrès déjà réalisés et attendus sur le diesel), des options radicales sont maintenant clairement identifiées par l'ensemble des acteurs. Les constructeurs et les équipementiers semblent prêts à développer, à des fins commerciales, de nouveaux véhicules avec des technologies en rupture. Cette nouvelle donne constitue une grande opportunité pour l'avenir de notre outil industriel et les emplois associés. Il est nécessaire que les pouvoirs publics accompagnent cette évolution non seulement au niveau du soutien public aux recherches industrielles mais également au niveau de la démonstration et de l'expérimentation de ces technologies de rupture. L'objectif est que ces options de R&D se traduisent en options stratégiques.

Au-delà du soutien à la recherche industrielle il conviendra de promouvoir la structuration des pôles de compétitivité et la création de plateformes dédiées à ces technologies.

La mise en place du fonds démonstrateurs devrait permettre ainsi d'apporter un soutien spécifique à la réalisation de prototypes de véhicules électriques urbains (véhicules légers et petits utilitaires) et de véhicules hybrides mettant en œuvre de nouveaux concepts de chaînes de motorisation. Leur expérimentation en site réel, notamment dans des collectivités locales volontaires est une étape incontournable de la transformation des marchés et il conviendra d'assurer un accompagnement et un dispositif d'évaluation des performances approprié, la refonte du système de livraison en ville devra être un objectif prioritaire.

Le COMOP recherche a également identifié des options plus radicales comme pouvant élargir la panoplie des options de long terme (véhicules électriques alimentés par l'énergie solaire photovoltaïque fournie par le bâtiment, véhicule pouvant jouer le rôle de générateur d'électricité et de chaleur pour l'habitat individuel...). Si chacune des options n'a pas fait consensus, les experts ont été convaincus que, dans l'avenir et contrairement à la situation qui a prévalu depuis un siècle, l'offre de véhicules serait de plus en plus diversifiée en fonction des différents usages. La possibilité que de nouveaux entrants se fassent une place dans le monde de l'automobile a également été admise, surtout dans un contexte où la valeur ajoutée se fera davantage sur les services de mobilité durable.

## Transport ferroviaire

Bien qu'il soit reconnu comme le moyen de transport avec la plus faible signature environnementale, il est nécessaire d'accroître l'efficacité énergétique du système de transport ferroviaire : chaînes de traction innovantes faisant appel à de nouveaux types de moteurs de traction, nouveaux matériaux semi-conducteurs pour l'électronique de puissance, nouveaux concepts de transformateurs moyenne fréquence, meilleure récupération de l'énergie de freinage que ce soit à bord (système de stockage d'énergie) ou en sous-stations, développement de l'utilisation de nouveaux matériaux contribuant à l'allègement des structures, nouvelles technologies d'auxiliaires permettant de réduire considérablement leur consommation, système de gestion du trafic prenant en compte la dimension énergétique.

L'abaissement du coût d'installation et de maintenance des infrastructures ferroviaires ainsi que l'augmentation de la disponibilité du matériel roulant sont des enjeux majeurs auquel est confronté le transport ferroviaire. Cela passe par le développement et la mise en œuvre des concepts de maintenance prédictive et une organisation industrielle de la chaîne de maintenance.

La Très Grande Vitesse est l'un des domaines d'excellence de la technologie française, qui s'est maintenu grâce à un effort constant de R&D. Afin de garder l'avance, cet effort doit être poursuivi afin de mieux répondre à l'accroissement des besoins de mobilité des personnes dans le cadre du développement durable.

L'impact environnemental du transport ferroviaire au niveau bruit doit être réduit que les sources soient le contact roue-rail ou l'aéroacoustique. Les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites en travaillant sur toute le cycle de vie des produits : de l'élaboration des matériaux de base jusqu'au recyclage du matériel roulant. L'objectif de recyclabilité à plus de 90% doit être atteint rapidement. Des travaux doivent être menés afin d'assurer l'hybridation rentable des véhicules faisant appel à de la motorisation Diesel pour réduire les émissions polluantes par ces véhicules.

Les nouvelles technologies de l'Information et de la Communication ont déjà largement contribué à améliorer l'efficacité et la rentabilité du système de transport ferroviaire et en rendant ce moyen de transport plus attractif tout en préservant le haut niveau de sécurité qui caractérise ce moyen. Les travaux doivent être poursuivis, en ce qui concerne les logiciels de sécurité ferroviaire, pour mieux répondre aux besoins d'accroissement de la capacité de l'infrastructure ferroviaire existante et offrir les services bord de haut niveau attendus par les voyageurs.

Pour le transport urbain, essentiel au développement harmonieux des villes respectant l'environnement, des travaux doivent être menés pour réduire les coûts d'installation de nouvelles lignes de tramways et de métros. Les travaux doivent porter aussi sur l'autonomie des tramways afin d'en améliorer l'efficacité énergétique.

Dans le domaine du fret, des travaux doivent être menés pour développer les solutions rentables permettant d'assurer la traction des trains sur les derniers kilomètres non électrifiés (ports, usines, etc...). La diminution de la pollution et du bruit des loco-tracteurs doit faire l'objet de travaux pour aboutir à la meilleure solution industrialisée.

## Transport Aérien

Entre 2006 et 2030, le trafic aérien mondial est appelé à tripler. Cette forte croissance liée à l'évolution de la démographie et à la mobilité est un facteur de progrès économique.

Cette évolution pour être acceptable doit traiter des questions de nuisances aéroportuaires et d'impact sur l'environnement global, c'est-à-dire s'accompagner d'une réduction drastique du bruit et des émissions gazeuses (Cf. livre blanc sur la recherche aéronautique civile édité par la DGAC en mars 2006). D'ici à 2020, les objectifs sont les suivants :

- Réduction de 50 % des émissions de CO<sub>2</sub>
- Réduction de 80 % des émissions de NO<sub>x</sub>
- Réduction de 50 % du bruit.

La France dispose d'une part d'une grande compagnie aérienne (Air France KLM) s'impliquant en amont dans les objectifs de performance et d'autre part d'un tissu industriel couvrant la totalité des compétences :

- Des avionneurs : AIRBUS, DASSAULT AVIATION...
- Un hélicoptériste : EUROCOPTER
- Des équipementiers : THALES, SAFRAN, ZODIAC...
- Et un réseau de fournisseurs dont de nombreuses PME.

Elle dispose également avec l'ONERA d'un grand organisme de recherche dédié. Paradoxalement, malgré ce contexte, la France a réduit son effort annuel en faveur de la recherche aéronautique : moins 50 % entre 2000 et 2007.

Programmes de recherche actuels communautaires et nationaux

Le Conseil des ministres de l'Union européenne a adopté le règlement de l'initiative technologique Clean Sky en décembre 2007. Elle met en place un partenariat public-privé, mobilise une masse critique de ressources autour de l'impact environnemental du transport aérien (1,6 G€ sur 7 ans).

Parallèlement, le gouvernement a décidé de porter en 2008 le budget consacré à la recherche aéronautique à 100 M€. Ces ressources sont, pour l'essentiel, affectées au plan de R&T d'AIRBUS et de SNECMA. Les développements technologiques attendus consolident l'excellence, d'une part, d'AIRBUS FRANCE dans les domaines des structures composites, de l'intégration des moteurs à très haut taux de dilution et des architectures systèmes et, d'autre part, l'excellence de SNECMA dans les domaines des moteurs (augmentation des taux de dilution, architectures plus électrique, optimisation du comportement en service, optimisation de la turbine basse pression diminution des masses et absorbeurs de bruits). Au final, ce programme permettra de réduire de 20 à 25 % les émissions de GES et du bruit. Ces progrès notables restent en dessous des objectifs affichés lors du Grenelle de l'environnement.

Nécessité de développements technologiques complémentaires

Les priorités technologiques d'un programme complémentaire visent à deux objectifs souvent contradictoires à savoir la réduction conjointe des consommations et du bruit. Elles sont, à court terme, les suivantes :

- Nouvelles architectures d'avion de transport avec des configurations motrices innovantes : hélices non-carénées contrarotatives. Elles présentent un gain potentiel supérieur à 10 % par rapport au classique « turbofan » et permettent d'espérer une réduction des émissions supérieure à 30 % par rapport aux avions en service. Elles nécessitent cependant la mise au point de nombreuses technologies au niveau du moteur (turbine de puissance et arbre contrarotatif, aérodynamique et structure des hélices) et de son installation sur l'avion (installation mécanique, intégration motrice, sécurité, performances aérodynamiques, influence sur les qualités de vol...)
- Nouvelles installations motrices des hélicoptères qui apportent des gains significatifs notamment en réduction de la dissipation de puissance et en réduction de la traînée.
- Allègements des structures et des équipements et diminution des besoins énergétiques. L'utilisation de structures primaires hautement résistantes, de structures secondaires allégées et l'emploi de structures multifonctionnelles, utilisant des microsystèmes et nanomatériaux doivent être développés. Un soutien accru doit être apporté à la supply chain et aux équipementiers pour favoriser l'émergence de solutions novatrices qui permettent de réduire la

masse des structures et des équipements et leur consommation énergétique, ou encore de développer des fonctions d'optimisation de l'énergie à bord ou la réduction de l'usage des moteurs au sol. Ces axes comprennent les développements de nouveaux concepts d'architectures mais aussi de développements dans le domaine des matériaux et nano technologies.

- Nouveaux carburants intégrant des composants d'origine non fossile.

A plus long terme, des études de configurations optimales (ailes volantes), moteurs à détonation pulsée... doivent être encouragées.

La juxtaposition des programmes existants et de celui-ci doit permettre la mise en service dès 2017 d'une famille d'avions bénéficiant de ruptures technologiques rendant ainsi les successeurs de la famille A320 compétitifs face aux futurs B737.

## Conclusions, chiffrage

Les arbitrages sur l'ensemble du périmètre du Comop Recherche ont conduit à faire ressortir les priorités ci-dessous pour la période 2009-2012.

	R&D AAP ANR	R&D AAP top-down	démonstrateurs ADEME	M€
<b>Transports</b>	Développement de nouveaux véhicules hybrides et électriques y.c. démonstrateurs VP et utilitaires		80	220
	Technologies en rupture pour les motorisations électriques et hybrides (batteries, électronique de puissance, systèmes et matériaux)	50		
	Technologies innovantes pour le transport aérien (diminution de la consommation d'énergie et réduction du bruit)	80		
	Technologies innovantes pour le transport ferroviaire et systèmes de gestion du trafic	10		

La réservation au sein du fonds de démonstration, fléché à l'ADEME, pour ce qui est de faire émerger des nouveaux types de véhicules plus performants est de 80 M€.

L'accompagnement complémentaire au titre du transport sur les plateformes de recherche déjà identifiées par le sous groupe « énergie » ou « ville, urbanisme, habitat » est de 50 M€. Sont visés principalement :

- la plate-forme « Stockage électrochimique de l'énergie, Batteries et supercapacités » nouveaux matériaux, ligne de prototypage et de fabrication, banc pour la sûreté fiabilité durabilité et mesure des performances ;
- La plate-forme de R&D pour concevoir et réaliser des composants électroniques de puissance ;
- La plate-forme de connaissance du métabolisme de la ville ;
- Le banc de R&D sur les chaînes de traction hybrides et électriques.

Le programme complémentaire pour le transport aérien est apprécié par le sous groupe transport à hauteur de 80 M€, celui sur le ferroviaire à hauteur de 10 M€.

# Grenelle de l'environnement

## Comité opérationnel recherche

### Synthèse des travaux du groupe santé-environnement

Le groupe santé-environnement a procédé à une série d'auditions des personnalités qui lui ont semblé les plus qualifiées pour représenter les compétences en santé-environnementale. La liste des personnalités auditionnées est présentée dans le tableau annexé. L'ensemble s'est montré très convergent pour confirmer les analyses de la phase I du Grenelle à savoir : une relative faiblesse de ce champ dans notre pays, justifiant ainsi la construction de capacités, une exigence d'interdisciplinarité pour construire les équipes de recherche pertinentes dans ce domaine et un besoin impérieux de renforcer la toxicologie et l'écotoxicologie.

Nom	Compétence pour l'audition
Robert BAROUKI	Toxicologie
Frédéric BOIS	Pôle toxicologie sud Picardie
Jean-Yves BOTERRO	Risques liés aux nanotechnologies
Patrick FLAMMARION	Ecotoxicologie
Gérard FREIS	Déchets; sols pollués
Paul FRIMAT	Santé-travail, épidémiologie
Bernard JEGOU	Santé-environnement, effets hormonaux
Louis LAURENT	Risques liés aux nanotechnologies
Paul RIGNY	Chimie, métrologie
Denis ZMIROU	Santé-environnement

Tableau 1: Liste des personnalités auditionnées par le sous-groupe santé-environnement

Le groupe a pris en compte les propositions écrites dont l'essentiel n'était pas destiné au groupe santé-environnement. Il n'a pas reçu de contribution spécifique des agences InVS et Afsset spécialisées dans le champ santé environnement. Enfin, il a tenu compte des avis sur la recherche prononcés par autres groupes, notamment le COMOP 19.

Après débat, le groupe propose une série de mesures proches des recommandations de la phase I. Il a insisté sur l'importance des moyens supplémentaires à accorder à la priorité santé-environnement, le secteur n'étant pas suffisamment développé pour pouvoir être adapté par redéploiement des moyens existants. Les propositions faites par le groupe ont cependant été réduites significativement pour tenir compte de l'arbitrage global du COMOP recherche.

### Domaines de recherche proposés

L'importance de développer la toxicologie de l'environnement et l'inclusion des outils récents de génomique, protéomique et métabolomique est confirmée avec le couplage entre la mesure des expositions et les études épidémiologiques.

Quelques autres thèmes ont été proposés avec souvent une convergence de points de vue :

### ***Renforcement de la toxicologie et de l'écotoxicologie***

Ce point a été unanime. La situation de la toxicologie française est dramatique. Elle est maintenant réduite à un très petit nombre d'équipes. Il en résulte un quasi-abandon de ce champ de recherche aux pays étrangers avec notamment pour conséquence une extrême difficulté pour les entreprises à trouver en France le vivier d'experts nécessaires à la mise en œuvre correcte du règlement REACH. Les thèmes proposés concernent les risques émergents comme par exemple, ceux possibles du fait du développement des nanotechnologies et de la téléphonie mobile, même si sur ce dernier point les audités sont plus nuancés.

L'absence d'une communauté structurée de toxicologues capable de fournir des éléments de connaissance nécessaires à l'évaluation des risques porte préjudice à la capacité des pouvoirs publics à prendre les mesures de prévention nécessaires à la protection de la santé humaine et de la biodiversité au sein des milieux naturels. Il s'agit également d'un enjeu important pour la compétitivité des entreprises. Les industries ont besoin de connaître, mais aussi d'anticiper les risques sanitaires et environnementaux liés à leurs activités, produits et innovations. Il leur faut pour cela des connaissances approfondies sur les dangers des substances actuellement sur le marché ainsi que des méthodes fiables de détermination des dangers toxiques.

Seule une recherche de pointe dans ce domaine pourrait éviter un recours massif au principe de précaution qui, de fait, pourrait conduire à des normes de qualité des milieux trop protectrices du fait des incertitudes sur les effets réels. Ces outils devront intégrer les méthodes modernes de biologie cellulaire et moléculaire et diminuer considérablement le recours à l'expérimentation animale. La modélisation, notamment des relations entre la structure chimique des molécules et leur activité biologique est particulièrement intéressante à cet égard car elle permet de prédire les propriétés de danger dès l'amont du processus d'innovation, donc avant que les décisions stratégiques de développement aient été prises.

La toxicologie de la reproduction, les mécanismes de cancérogénèse, la neurotoxicité et l'immunotoxicité doivent également faire l'objet d'approfondissements. Il est suggéré d'adopter une approche plus ambitieuse en termes d'élucidation des mécanismes de toxicité et de développer l'intégration des informations obtenues au niveau moléculaire, cellulaire et de l'organisme entier. Ces informations doivent nourrir la modélisation. Il convient également de s'intéresser aux populations vulnérables, à la toxicité fœtale et aux problèmes liés aux substances hormono-mimétiques. Enfin, les moyens modernes de génomique et post-génomique doivent être disponibles pour les toxicologues et ceux-ci doivent développer des recherches qui impliquent ces outils, sans perdre de vue les aspects systémiques étudiés *in vivo* (exemple du passage d'une barrière qui protège les organes).

Le plus souvent l'écotoxicologie a été associée à la toxicologie dans des termes comparables. Cette discipline manque de chef de file en France et ses équipes ont rarement la taille critique. Il convient de mettre en réseau les chercheurs et de donner une dimension internationale à la communauté scientifique en écotoxicologie. Les thèmes à créer ou à renforcer concernent la modélisation, la mise en cohérence des systèmes d'observation pour évaluer le devenir des substances dans l'environnement, la biodisponibilité, le développement de biomarqueurs et le transfert vers des PME de kits de diagnostic biologique des écosystèmes. La prise en compte des spécificités de l'outremer est également importante (cf chlordécone aux Antilles). Une meilleure connaissance des cycles biogéochimiques et le développement de la radioécologie sont également suggérés.

Le lien entre écotoxicologie et toxicologie apparaît au détour de certains sujets comme l'efflorescence de cyanobactéries toxiques ou l'émergence de pathogènes dans un environnement perturbé ou encore le domaine de biomarqueurs développés de façon simultanée pour l'homme et les espèces dans l'environnement. Il semble qu'il émerge sur ces points de nouveaux paradigmes qui mériteraient d'être approfondis par les communautés scientifiques concernées.

### ***Développement de l'épidémiologie en lien avec les praticiens***

L'épidémiologie apparaît comme une autre des disciplines clé du champ santé-environnement. Elle est également trop peu développée en France. Beaucoup d'études manquent cruellement de données d'exposition. L'analyse des substances toxiques est chère et difficile, il faut en faciliter l'accès pour les chercheurs en épidémiologie. Le lien avec les CHU doit être renforcé par la création de postes de praticiens capables de renseigner convenablement les dossiers<sup>1</sup>. Il est capital en effet que les registres des maladies professionnelles et environnementales soient correctement remplis par des médecins qui connaissent les déterminants possibles de ces maladies.

Les liaisons entre la toxicologie et l'épidémiologie doivent être renforcées, le développement de biomarqueurs constitue un lien entre les approches.

Il faut noter la proposition de l'IRSN. Le secteur du risque nucléaire et de radioprotection a développé des études épidémiologiques afin de mieux caractériser les risques liés aux faibles doses de rayonnement ionisant. Il conviendrait de tenir compte des synergies possibles avec ce secteur pour le renforcement de l'épidémiologie.

### ***Analyses de cycle de vie***

La France est en retard dans ce domaine avec une quasi-absence de recherche publique. Les méthodologies d'intégration des déterminants des impacts sanitaires devraient être intégrées dans les ACV ce qui constitue un défi scientifique à relever.

### ***Transfert des technologies pétrolières dans le domaine du diagnostic des sol pollués et amélioration de la connaissance des sols naturels***

Ce point est spécifique des sols pollués dont le coût de remédiation est très élevé. Il a été remarqué que des technologies très sophistiquées mises au point par l'industrie pétrolière pourraient être appliquées aux sols pollués et permettre la détection des substances polluantes dans les trois dimensions de l'espace, sous réserve du coût des méthodes disponibles.

### ***Développer la connaissance très en amont des nouvelles technologies.***

Il convient d'anticiper sur les risques et de construire par le dialogue à l'amont la confiance sociale sur les nouvelles technologies. Ce thème est très convergent avec la teneur du Grenelle où les ONG ont vigoureusement réclamé un changement de la gouvernance des risques, notamment sanitaires.

---

<sup>1</sup> Au plan organisationnel il faudra s'appuyer sur le dispositif existant : INVS, AFSSET, Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles -RNV3P-, cellules interrégionales d'épidémiologie -CIRE-, centres antipoison et de toxicovigilance -CAPTV-/ centres de toxicovigilance- CTV-...

## **Ecoconception**

Evoquée à l'occasion des déchets, cette thématique de recherche est prometteuse car elle permet d'envisager une stratégie où le renforcement des exigences environnementales crée les conditions d'une nouvelle compétitivité. La prise en compte des risques sanitaires dès la conception des produits devrait devenir la règle dans l'élaboration des stratégies innovantes des entreprises. Il a été demandé une plus grande clarté dans les critères de dangerosité des déchets. Le critère H14 qui représente l'écotoxicité des déchets n'est en effet pas uniforme entre les différents pays européens.

## **Avis sur quelques projets nationaux en cours**

Le pôle en cours de renforcement en sud-Picardie autour de l'Ineris, de l'Université technologique de Compiègne, des établissements publics de recherche et des universités de Picardie et d'Ile de France semble unanimement reconnu. La capacité avérée des partenaires de ce pôle, notamment l'Ineris, d'établir des partenariats avec le secteur privé a été appréciée. Le projet Antiopes fédère les énergies de différents partenaires académiques et des établissements publics de recherche. L'intérêt de ce pôle est de coupler toxicologie et écotoxicologie, de disposer d'un plateau analytique fort et d'être susceptible d'alimenter les capacités d'expertise et le monde industriel.

La création de pôles nationaux en région ou de pôles inter-régionaux a été également abordée. Chacun insiste sur l'importance de ne pas saupoudrer les crédits sur un trop grand nombre de pôles. Ces pôles doivent avoir une visibilité internationale. Il ne s'agit donc pas de créer des entités d'ampleur régionale mais bien des centres d'excellence sur le thème santé-environnement. Le lien avec les CHU est jugé important pour améliorer la qualité des données épidémiologiques recueillies et développer la recherche clinique et les consultations spécialisées dans le domaine santé-environnement et santé-travail. Il convient de leur conférer un caractère interdisciplinaire. Le choix des pôles par appel d'offres est suggéré. Le pôle de Rennes a été cité pour sa capacité fédératrice qui comprend l'école des hautes études en santé publique comme des laboratoires sur l'eau et l'écotoxicité (CNRS, INRA, Universités). Les initiatives locales qui se font jour devront être évaluées à l'aune de cette ardente obligation de coupler les aspects expérimentaux et humains, les capacités d'investigation *in vitro* et *in vivo*, les sciences analytiques et la modélisation. Il semble recommandable qu'un système de pôles en inter régions et/ou régions soit évaluée en fonction de la qualité de leur aptitude à mettre en commun les informations produites.

Les recommandations suivantes sont classées en fonction des thèmes que le groupe a adopté pour son travail (les engagements correspondants du grenelle sont entre parenthèses) :

- 1.Toxicité, mécanismes (137)
- 2.Toxicité : exposition de l'homme et de l'environnement (138-151-152-160)
- 3.Création de pôles interrégionaux pluri-disciplinaires consacrés au thème santé-environnement (142)
- 4.Risques sanitaires émergents : nano-particules et nano-matériaux (150-159)
- 5.Evaluation des risques pour la santé et pour l'environnement des radiofréquences (161)
- 6.Réhabilitation des sites pollués

**Recommandation 1 (Thème n°1)**

Mettre en réseau l'ensemble des acteurs de la recherche sur les mécanismes de toxicité tout en assurant l'émergence d'une taille critique de niveau international (Bilan de l'existant, plan de renforcement.) Aborder les polluants émergents, développer les liens avec la clinique, l'épidémiologie et la chimie analytique. Développer les compétences en modélisation des mécanismes de toxicité et les alternatives à l'expérimentation animale, tant à partir des nouveaux outils génomiques et post génomiques que des modélisations cellulaires et systémiques.

**Recommandation 2 (Thème n°2) :**

Rendre accessible l'ensemble des informations environnementales et coupler observations et recherche et écotoxicologie. Développer les plate-formes techniques ouvertes de type mésocosme ou animalerie à condition de mettre en place la masse critique de recherche autour de chaque équipement. Etablir des liens étroits entre la toxicologie, l'écologie fonctionnelle, l'ingénierie écologique, la métrologie associée et l'épidémiologie. Créer un pôle national couplant la toxicologie et l'écotoxicologie et lui donner une dimension internationale. A cet égard le pôle proposé en sud-Picardie contribuerait efficacement au développement de la toxicologie et de l'écotoxicologie dans le cadre du Grenelle... Améliorer l'alerte et renforcer la surveillance sanitaire des populations et coupler cela avec l'analyse des expositions et la biosurveillance.

**Recommandation 3 (Thème n°3) :**

Il faut augmenter et réorienter les moyens de façon à développer la recherche dans le champ santé-environnement et établir des liens étroits avec la santé-travail et l'expertise. Il convient de regrouper les équipes dans un nombre limité de pôles fonctionnant en réseau. Ces pôles auraient une vocation nationale et seraient non redondants : pôles nationaux en région. Ces pôles devront être sélectionnés en tenant compte le plus possible des structures existantes comme les structures de recherche régionale labélisées ou les pôles de compétitivité. Le financement des capacités de recherche doit être concentré sur un nombre limité de centres de compétence. Il conviendra également de prendre en compte l'implication dans les projets européens pour l'évaluation des pôles. Favoriser des partenariats public-privé via la création de fondations tout en respectant l'impartialité de la recherche. Sur un plan plus général, la valorisation de la recherche publique pourrait être mieux organisée afin d'améliorer son efficacité, sa sécurité et favoriser la valorisation des travaux de recherche en direction de l'industrie (création de « start-up » de biotechnologie....) Garantir l'impartialité de l'expertise par le respect de la norme NFX 50-110 qui est conforme aux pratiques internationales.

**Recommandation 4 (Thème n°3) :**

Créer des formations pluridisciplinaires santé-travail-environnement-toxicologie dans l'enseignement supérieur. Les compétences à développer concernent la chimie analytique, la chimie de l'environnement, la modélisation du lien entre la structure des molécules et leur effet biologique, la toxicocinétique, les capteurs physiques, chimiques ou biologiques, toxicologie et évaluation des risques, modélisation cellulaire, biologie systémique, perturbateurs endocriniens, nanotechnologies, l'épidémiologie, les maladies vectorielles... Ces formations doivent concerner de façon équilibrée plusieurs niveaux : techniciens supérieurs spécialisés, ingénieurs capables d'intégrer les connaissances, médecins, pharma-

ciens et chercheurs spécialistes. Lier les pôles de compétence avec les chaires thématiques de l'enseignement supérieur et renforcer le lien avec les médecins de santé publique et santé-travail des CHU dans une logique de prévention. Les formations devront être construites de façon à être bien adaptées aux besoins nouveaux dans le champ et permettre la croissance forte des pôles.

***Recommandation 5 (Thèmes n°4 et n°5) :***

Développer des recherches sur les thèmes émergents : nanoparticules et nanotechnologies, maladies infectieuses vectorielles, risques sanitaires liés aux conséquences du changement climatique, radiofréquences... Ces recherches devront s'appuyer notamment sur l'observation sanitaire y compris dans les DOM-TOM à l'instar du Center for disease control d'Atlanta (USA.) Ces sujets, notamment les nanotechnologies, impliquent des efforts de recherche pluridisciplinaires associant des physico-chimistes, des biologistes et des sciences humaines et sociales. Une collaboration des équipes françaises avec les autres équipes européennes devrait être recherchée sur ces thèmes à chaque fois que nécessaire.

***Recommandation 6 (Thème n°6) :***

Développer les outils de connaissance des sols intégrant les connaissances sur l'écotoxicité des sols et leur impact sanitaire, les outils de remédiation et d'analyse de la relation coût-efficacité de la dépollution. Les recherches doivent déboucher vers la normalisation européenne et internationale des méthodes. Il conviendra également de prendre en compte les caractéristiques particulières des territoires d'outre-mer et de proposer des mesures<sup>2</sup> adaptées.

***Recommandation 7 (Thème n°7) :***

Afin de réduire les risques sanitaires créés par les déchets, créer des capacités de recherche publique en ACV et en éco-conception en France. Il s'agit notamment de développer des travaux de recherche sur la méthodologie des ACV en y intégrant des évaluations de risques géo-référencées. Il convient également de créer les formations supérieures idoines. La création de compétences pourrait avoir une dimension éco-conception qui intègre l'ACV dès le départ dans une conception des produits qui tient compte de l'ensemble de leur cycle de vie. Des recherches publiques et privées ouvriraient ainsi à une valorisation industrielle.

---

<sup>2</sup> Il faut en effet tenir compte du passé de pollution des zones insulaires comme les Antilles où l'insecticide chlordécone, utilisée dans le passé a créé des situations de pollution irréversible intolérables ou bien la Guyane où l'exploitation plus ou moins légale de l'or engendre des situations de quasi-catastrophe.

# Synthèse des travaux du groupe agriculture, milieux, eau et biodiversité

Le comité opérationnel « recherche » a choisi d'aborder conjointement les milieux naturels et anthropisés. La validité de cette approche globale a été confirmée par les 17 auditions et les 27 contributions écrites, dont la liste est jointe en annexe, sur lesquelles il a fondé sa réflexion.

Les auditions ont été regroupées par grands sujets pour lesquels des personnalités parmi les plus compétentes dans le domaine ont été invitées à établir un bilan et à dresser des perspectives. Un soin particulier a été apporté dans le choix de ces personnalités pour pouvoir disposer d'éclairages complémentaires sur chacun des sujets suivants :

- Biodiversité dans tous les milieux et à toutes les échelles,
- Biotechnologies et OGM,
- Biomasse, biocarburants, chimie verte,
- Milieux aquatiques,
- Adaptation au changement climatique des forêts et exploitation forestière,
- Agriculture à haute valeur environnementale,
- Observation de l'environnement et adaptation au changement climatique,
- Besoins agricoles des pays émergents et en développement.

Chaque intervenant était sensibilisé en amont de son audition afin de s'inscrire dans la droite ligne des conclusions du Grenelle de l'environnement et proposer des mesures constructives pour leur mise en œuvre opérationnelle. Une trame de questions élaborée préalablement a servi à conduire l'analyse des interventions et des contributions écrites, à identifier les forces et les faiblesses de notre dispositif de recherche et enfin à dégager des priorités thématiques et des moyens associés.

## 1. Priorités thématiques

Les thématiques peuvent être regroupées en deux approches complémentaires, une recherche amont conceptuelle posant des bases pour la réalisation de programmes sectoriels plus spécifiques.

### **Recherche amont :**

#### **1) Recommandation : Améliorer le recueil et l'analyse des données environnementales, renforcer les performances des outils de modélisation pour toutes les composantes du développement durable (Propositions Grenelle : 72, 73, 79, 82)**

Les orientations et les choix technologiques doivent dorénavant s'appuyer sur des démarches comparatives qui prennent simultanément en considération, sur des pas de temps long, leurs conséquences environnementales, économiques et sociales.

Il convient ainsi d'affiner et d'utiliser plus systématiquement les écobilans avant de s'engager dans des filières technologiques, situation illustrée récemment par le débat sur les biocarburants de première et de seconde génération.

De façon plus générale, les outils de modélisation économique doivent être améliorés pour alimenter les réflexions prospectives de notre société, notamment en les adaptant aux différentes échelles des espaces naturels et anthropisés et en insistant sur l'internalisation des coûts environnementaux.

L'informatique et particulièrement la bioinformatique, l'économie du développement et les sciences politiques sont particulièrement concernées par ces sujets pour lesquels elles doivent rechercher des collaborations étroites.

#### **2) Recommandation : Renforcer la recherche liée à l'adaptation de l'agriculture, de la sylviculture et aquaculture aux changements climatiques (Propositions Grenelle 71, 115, 116, 119)**

Si l'existence d'un changement climatique est maintenant solidement établie, il est nécessaire d'en apprécier les conséquences locales en termes de température, de régimes de précipitation ou de fréquence des événements extrêmes. Ces données seront progressivement affinées par les physiciens du climat, mais il convient d'étudier leur incidence sur le vivant et particulièrement sur la richesse de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes.

Des conséquences importantes sont attendues sur les performances des activités agricoles, sylvicoles et aquacoles (rendement, qualité nutritionnelle) voire sur leur persistance, si certaines espèces sauvages ou cultivées ne peuvent pas s'adapter à ces modifications climatiques (stress hydrique, température) ou à leurs conséquences sanitaires (maladies émergentes, épidémies, pestes végétales, ...). Il convient donc de préciser rapidement pour toutes ces activités et à toutes les échelles, des sols aux territoires, les conséquences du changement climatique et de préparer leur adaptation.

### **3) Recommandation : Approfondir les recherches en chimie de l'environnement et en toxicologie-écotoxicologie (Propositions Grenelle 86, 92, 98, 99, 103, 105)**

De nombreux produits chimiques se retrouvent dans l'environnement notamment à l'état de traces. Si les effets immédiats de chacun de ces produits à des doses importantes sont relativement bien connus et documentés grâce aux études conduites pour élaborer leurs dossiers d'autorisation de mise sur le marché, leurs effets à faibles doses, combinés et chroniques sur l'environnement et sur la santé humaine demandent à être précisés.

Il convient en premier lieu de soutenir la chimie de l'environnement et notamment d'améliorer les techniques d'analyses pour étudier la dynamique de ces polluants et particulièrement leur spéciation, dans les écosystèmes naturels et anthropisés (surfaces agricoles, espaces urbains).

Il est ensuite important de caractériser les effets de ces polluants sur l'environnement en renforçant l'ensemble de nos capacités en écotoxicologie. La progression de nos connaissances en éco-épidémiologie, l'identification de marqueurs d'exposition simple ou combinée, des mécanismes de réponse tissulaires cellulaires et moléculaires alimentera l'élaboration de modèles et contribuera à l'émergence d'une écotoxicologie prédictive.

Le développement de l'écotoxicologie s'enrichira de celui de la toxicologie, notamment sur les aspects mécanistiques, et du résultat des études épidémiologiques menées sur de grandes cohortes.

### **4) Recommandation : Développer l'ingénierie écologique sur la base des connaissances de fonctionnement des agro-écosystèmes (Propositions Grenelle 77, 85, 88, 97)**

De nombreux facteurs, notamment liés à l'activité humaine, peuvent interférer avec le fonctionnement des écosystèmes mais avec des effets variables selon leurs capacités propres d'adaptation (résilience).

Le développement des connaissances en écologie permet d'envisager le développement d'une ingénierie dédiée qui s'appliquerait notamment aux problèmes complexes de la préservation et de la restauration de la biodiversité, de la gestion des cycles de l'eau, de la mise en place d'une agriculture « écologiquement productive » ou du maintien des paysages.

Ancrée dans l'écologie, dont il conviendra de renforcer de façon adaptée l'enseignement, cette ingénierie écologique devra s'appuyer sur le développement de capteurs intelligents mis en réseaux pour l'étude et la surveillance de l'environnement (chimique, physique, biologique), sur des modèles (fonctionnement des écosystèmes, modélisation dynamique des polluants) et enfin sur la définition d'indicateurs.

Des besoins importants ont d'ores et déjà été identifiés en hydrologie en utilisant les fonctionnalités des systèmes naturels (recharge de nappes, etc.) ainsi qu'en écologie fonctionnelle des sols, mais n'y sont pas limités. Les applications de cette discipline seront étroitement liées à notre compréhension du fonctionnement des écosystèmes et à l'identification des services qu'ils rendent.

## **Recherche sectorielle :**

### **5) Recommandation : Poursuivre les travaux sur l'amélioration génétique dans toutes ses composantes (Propositions Grenelle 132, 133, 134, 135).**

L'ensemble des parties prenantes sur le dossier des OGM demandent une poursuite des recherches dans le domaine en apportant un soin particulier à l'identification et à la maîtrise des risques. L'expertise sur les OGM doit être renforcée, notamment pour répondre aux demandes des pays en

voie de développement qui utilisent largement les OGM de première génération, et pour préparer l'examen des générations suivantes dont les avantages environnementaux pourraient être plus marqués, particulièrement en matière d'adaptation au changement climatique (résistance au stress hydrique, moindres besoins en azote, qualité alimentaire améliorée). Cette expertise devra être largement partagée et la possibilité de réunir les différentes parties prenantes au sein de comités de programme doit être plus systématiquement envisagée sur ces sujets.

Plus généralement, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les liens existants entre gène et fonction. Cette recherche fondamentale en génomique est indispensable à la compréhension des mécanismes d'adaptation des espèces. Elle est rapidement transposée aux processus de sélection végétale (sélection variétale des semences), animale et microbienne qui conditionnent, avec la conservation des ressources génétiques qu'il convient de soutenir par ailleurs, les capacités de notre société à garder son dynamisme économique (agriculture – industrie agro-alimentaire) et à répondre aux enjeux du changement climatique.

**6) Recommandation : Mieux caractériser les pratiques agricoles pour en améliorer en retour les conditions de durabilité (Propositions Grenelle 122, 123, 124)**

**7) Recommandation : Favoriser le développement des agricultures à haute valeur environnementale, et notamment de l'agriculture biologique (Propositions Grenelle 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131)**

La réduction de l'impact de l'agriculture sur l'environnement nécessite des mesures d'accompagnement adaptées. La promotion de nouvelles pratiques agricoles tels que les itinéraires à bas niveaux d'intrants (fertilisants, eau, etc.), les cultures à faible impact (lupin, ...), la restauration des sols, doit pouvoir s'appuyer des bilans écologiques très larges. L'utilisation des ressources en eau, la séquestration du carbone dans les sols (cultures annuelles et pluriannuelles, sylviculture), la résistance aux maladies, sur lesquelles il convient de renforcer les connaissances, doivent être ainsi envisagées simultanément et à des échelles géographiques appropriées.

Les secteurs très innovants et prometteurs que constituent notamment la culture des algues, la production de ressources végétales dédiées à la chimie (chimie verte) seront encouragés en intégrant très en amont la prise en compte de leur impact environnemental.

**8) Recommandation : Développer / Optimiser les technologies du sol et de l'eau pour en augmenter les performances et en réduire les impacts environnementaux (Propositions Grenelle 106, 110)**

Il est dorénavant indispensable d'arriver à une parfaite maîtrise de sols et de l'eau tant dans les espaces agricoles que dans les espaces urbains et périurbains.

Les technologies de traitement de l'eau (purification, alimentation des nappes phréatiques, dessalement), de remédiation des sols (réhabilitation totale ou partielle selon les destinations), nécessitent pour se développer un approfondissement des connaissances sur les phénomènes biologiques, physiques ou chimiques qu'ils utilisent.

**9) Recommandation : Renforcer l'étude et la préservation de la biodiversité, y compris la biodiversité des sols, et des services qui y sont associés (Propositions Grenelle 74, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 87, 112, 113, 114)**

La biodiversité doit être analysée à toutes les échelles, de l'espèce à l'écosystème, du sol au territoire, pour en apprécier la richesse et surtout mieux appréhender son fonctionnement. L'observation naturaliste doit conduire à la préservation de la biodiversité et des services qui y sont liés. Les efforts devront être soutenus du recueil de données, qui nécessite une amélioration des procédures et un maintien des compétences, jusqu'à l'analyse qui doit pouvoir bénéficier des progrès de l'informatisation et de la modélisation des systèmes complexes.

**10) Recommandation : Développer les recherches sur les forêts et les sols**

Les forêts sont devenues un enjeu majeur, en particulier en relation avec la lutte contre le changement climatique et les besoins de stockage du carbone. Les attentes de la société concernent désormais une démarche territoriale concertée dans le respect de la gestion multifonctionnelle des forêts. Il faut promouvoir une gestion de la diversité à tous les niveaux (paysages, espèces, intraspécifique) pour augmenter la résilience des écosystèmes, et ne pas négliger l'analyse rétrospective des processus évolutifs et de l'adaptation des espèces sur des grandes échelles spatiales et temporelles, en combinant les approches écologique et évolutive. Le comité propose de renforcer les recherches notamment vis-à-vis de la gestion des risques et de la vulnérabilité, et d'accélérer le transfert des connaissances de plantes modèles vers les autres espèces pour la

compréhension du fonctionnement et de l'expression des gènes chez les arbres. Des approches globales (macroécologie, écologie quantitative) doivent se mettre en place, incontournables pour prédire l'évolution d'écosystèmes en réponse à des changements environnementaux majeurs. L'articulation recherche-développement, recherche-gestionnaire doit être également renforcée, afin d'identifier et de rémunérer par des mécanismes de marché les services écologiques rendus par la forêt.

Les sols jouent des rôles clé dans les grands cycles biogéochimiques. La nécessité de renforcer les recherches sur la biodiversité du sol et son importance fonctionnelle s'impose. Pour cela, le comité propose de renforcer la communauté scientifique pour l'étude des milieux vivants, et de promouvoir l'ouverture de cette communauté à d'autres disciplines (écologie, physico-chimie, etc.). Il est également nécessaire d'adapter la formation universitaire en ce sens. La mise en place de sites d'observation à long terme et de plateformes pour l'étude des sols (type ORE, mini-écotrons, réseaux de suivi, comprenant des collections pertinentes d'échantillons) est à développer, avec des financements pérennes. Enfin, les relations entre la recherche sur la biodiversité des sols et les professionnels (monde agricole, forestier et industriel) doivent être soutenues.

## 2. Fléchage des moyens

Les priorités thématiques ont été établies par le sous-groupe en fonction des informations recueillies pour répondre aux attentes exprimées dans les conclusions du Grenelle de l'environnement. Ces priorités sont toutes traitées par des équipes de qualité au sein du système français de recherche et d'innovation.

L'analyse des performances de ce système sur un plan européen et international, sa structuration, ses liens avec le secteur privé, ont conduit à proposer en étroite concertation avec les autres sous-groupes des augmentations ciblées des moyens financiers

La faiblesse des recherches menées dans les domaines du droit, de l'économie, des politiques publiques et plus largement le manque d'implication des sciences humaines et sociales a été unanimement soulignée. Indispensables à l'établissement de nouvelles normes et de règles pour conduire le développement éco-responsable et durable de notre société, elles en conditionnent leur acceptabilité sociale. Des financements incitatifs communs à l'ensemble des groupes sectoriels ont été distingués à hauteur de 15 M€ sur quatre ans. Ses financements spécifiques aux sciences humaines et sociales devront s'accompagner dans les autres secteurs d'une intégration très précoces de ces disciplines dans la définition et dans la réalisation des programmes.

La conduite du changement préconisé par le Grenelle de l'environnement et portée par le gouvernement ne peut s'envisager sans un système d'observation structuré et pérenne capable de s'intégrer et d'échanger avec ses homologues européens et des autres pays développés. Le réseau existant qui intègre notamment les instruments d'observation satellitaire demande à être renforcé. Des outils d'observation complémentaires choisis au niveau national et ouverts à l'ensemble de la communauté scientifique concernée seront mis en place dans les quatre années à venir avec un financement de 40 M€ qui bénéficiera également à la structuration de banques de données « éco-informatiques » interopérables.

La mutation de nos pratiques agricoles pour une meilleure prise en compte de l'environnement ne peut être réalisée aux dépens de la vitalité de notre économie et de son secteur agro-alimentaire. Pour conserver notre compétitivité au niveau mondial, un effort important de modernisation doit être consenti dans le domaine des biotechnologies en incluant la recherche sur les OGM et un budget de 35 M€ sur quatre ans a été identifié par le sous-groupe.

L'intensification maîtrisée de la production agricole intégrant les finalités de gestion de l'environnement suppose de concevoir des dispositifs de valorisation, de traçabilité et de mesure d'impacts écologiques. Des observatoires, plates-formes expérimentales, doivent associer à cette fin recherche agronomique et acteurs du développement agricole autour de systèmes de « production intégrée ». Ces programmes mobiliseront outre les financements incitatifs existants de l'ANR, des financements destinés aux programmes de développement (CAS-DAR).

Parmi les ressources renouvelables, l'eau bien sûr, caractérisée par son accessibilité, par sa quantité comme par sa qualité, apparaît comme un bien fondamental, essentiel à la vie, aujourd'hui menacé dans tous les pays du monde. Corriger ces évolutions passe par la mise au point de nouvelles technologies liées à l'eau, et en amont, au niveau de la recherche, par le développement de démonstrateurs de ces technologies, une action essentielle, pour laquelle un budget de 10 M€ sur quatre ans serait nécessaire.

La diversité, à tous les niveaux, paysages, espèces, à l'intérieur d'une espèce, augmente la résilience des systèmes et représente une ressource essentielle de notre environnement et de son fonctionnement durable. Elle est menacée, non seulement par la disparition d'espèces, mais aussi par de nombreuses autres causes parmi lesquelles on peut distinguer le développement incontrôlable d'espèces exotiques invasives, favorisée par les changements globaux que connaît la planète : mondialisation des échanges, évolutions climatiques régionales...., et le manque de considération porté jusqu'à présent à l'entretien de la couche vivante du sol. Les recherches dans ces domaines doivent connaître une nouvelle dynamique et impliquer un nombre croissant d'équipes dans les disciplines fondamentales, de la biologie aux mathématiques appliquées. Un budget de 27 M€ a été identifié pour cette priorité auquel viendrait s'ajouter 8 M€ pour abonder la toute nouvelle Fondation scientifique sur la biodiversité, qui sera un outil essentiel à la cohérence nationale de ces recherches et à leur intégration dans les dispositifs internationaux.



<p style="text-align: center;"><b>Comité opérationnel « Recherche » du Grenelle de l'Environnement</b> <b>Sous-groupe « Ville, Urbanisme et Habitat »</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Six experts ont été auditionnés et une quinzaine de contributions écrites ont été prises en compte, en organisant les travaux sur deux domaines, l'environnement et le développement durable de la ville d'une part, le bâtiment d'autre part.

## **Environnement et développement durable de la ville**

### **État des lieux :**

Plus de 50% de la population mondiale vit dans une agglomération urbaine, pourcentage qui approche 80% dans les pays développés. Il existe une vigoureuse demande sociale en faveur d'une amélioration du cadre de vie en ville (qualité de l'habitat, bruit, pollution de l'air, restauration des sols urbains, qualité des eaux, aménagement des cours d'eau urbain) et des services (mobilité, notamment). Consommatrices d'espaces naturels et concentrant population et activités, les villes ont un fort impact sur leur environnement proche ou lointain, mais elles sont également vulnérables aux aléas naturels: inondations et pluies intenses, tempêtes, canicules ....

Sur le plan scientifique, l'intégration du fait urbain par les sciences de l'environnement est récente et encore fragile. L'environnement urbain, notamment, est un thème abordé, sous des formes diverses, par plusieurs communautés : architecture/urbanisme, sciences de l'environnement, sciences de l'ingénierie, sciences humaines et sociales. La communauté scientifique sur la ville, d'une façon générale, sur l'environnement urbain, d'une façon plus spécifique, reste donc à consolider.

Au niveau français, plusieurs actions sont à souligner :

– le lancement du programme de recherche « Villes durables » par l'ANR est un fait nouveau et majeur. Ecrit de façon très ouverte, il présente une synthèse très pertinente des attentes en matière de recherche sur ce thème. Son objectif premier est de faire travailler ensemble les communautés scientifiques publiques et privées qui s'intéressent à différentes dimensions de la ville (mobilité, risques, réseaux, gouvernance,...). Les projets financés viseront à éclairer les choix d'intérêt général et à produire des outils et des techniques qui permettront aux villes de mieux intégrer les exigences du développement durable ; le budget annuel pourrait être de l'ordre de 15 M€/an.

– la création de trois pôles de compétitivité liés aux problèmes urbains doit également être signalée : en Ile de France le pôle « Advancity » - antérieurement connu sous le nom de pôle « Ville et mobilité durables »-, en Rhône-Alpes le pôle « Lyon Urban Trucks & Bus 2015 », dont l'ambition est d'offrir aux villes des solutions durables en matière de transport routier lourd, et en Pays-de-Loire le pôle Génie Civil Ouest axé sur la construction.

Le déficit de connaissances sur le fonctionnement de la ville dans ses différentes dimensions a été souligné tant en France qu'en Europe. D'importants progrès sont attendus en termes de modélisation, ce qui suppose la disponibilité de bases de données pertinentes, avec les outils de métrologie adaptés.

### **Propositions :**

#### **1 - Modélisation, bases de données, métrologie :**

- Fédérer des équipes autour du thème de la modélisation environnementale de la ville, c'est à dire de la simulation du fonctionnement des zones urbaines à plusieurs échelles, en interaction avec les évolutions globales.
- Développer des systèmes d'observation urbaine interdisciplinaires, permettant de fédérer les efforts, de capitaliser les données et de favoriser les échanges et donc les collaborations. Les moyens modernes (exemple : géolocalisation) devraient permettre de renouveler les processus de collecte de données, une fois mise en place des solutions compatibles avec le respect de la vie privée, à l'instar de ce qui est fait dans le domaine de la santé.

### **2 - Évaluation des politiques publiques :**

- Développer la modélisation comme outil d'aide à la concertation et à la décision, et comme outil d'évaluation des politiques publiques, par exemple pour mettre en regard les objectifs énoncés dans les politiques d'aménagement urbain et les résultats observés en terme de mobilité, d'accès aux services, de coût du foncier, de zones naturelles protégées affectées par l'urbanisme, ou encore pour minimiser les nuisances sonores en influant sur l'évolution des motorisations et des modes de transport.
- Favoriser l'élaboration de scénarios de l'évolution des systèmes urbains par des travaux multidisciplinaires intégrant toutes les dimensions de l'évolution urbaine, afin d'étudier les effets sur les comportements des variations des prix (immobilier, énergie), les effets des infrastructures de transport (routes, métros, tramways, sites propres bus), les interactions du milieu urbain avec les éléments naturels (eau, air, sol...) et afin d'évaluer les impacts de projets urbains ou de modes de gestion de systèmes urbains et de contribuer à la recherche de l'optimum énergétique d'une structuration urbaine en prenant en compte tant l'habitat que les activités professionnelles et de loisirs avec les déplacements associés.

### **3 - Implication des collectivités territoriales :**

- Ouvrir les moyens juridiques pour permettre aux collectivités territoriales d'être pleinement partenaires d'actions de recherche ou d'innovation, et d'acheter des produits innovants dans leur phase de maturation, produits issus de la recherche partenariale, y compris avec la possibilité d'achats groupés.
- Mieux associer les collectivités locales aux séminaires de présentation des résultats de recherche portant sur leur domaine de compétence.

### **4 - Structuration des équipes de recherche :**

- Donner un coup d'accélérateur à la structuration en France d'un réseau coopératif de trois pôles de compétence de dimension internationale et centrés sur les problèmes de la ville et de son environnement, en y faisant émerger une culture du pluridisciplinaire :
  - le pôle de Marne la Vallée, qui se structure autour du PRES Paris-Est, du pôle de compétitivité « Advancity », du pôle scientifique et technique francilien du MEEDDAT. C'est au sein de ce pôle que pourraient se regrouper et se structurer une action majeure sur le thème « modélisation, bases de données, métrologie ».
  - le pôle lyonnais, qui se structure autour du PRES Université de Lyon, du pôle de compétitivité LUTB-2015, du pôle scientifique et technique lyonnais du MEEDDAT et qui dispose d'un tissu industriel diversifié (éclairage, automatismes, ...). L'agglomération lyonnaise présente aujourd'hui toutes les caractéristiques nécessaires pour être l'un des principaux terrains d'expérimentation en France du concept de ville durable.
  - le pôle nantais, qui se structure autour du pôle de compétitivité Génie civil ouest, et de la fédération de rechercheIRSTV (Institut de recherche en sciences et techniques de la ville)

## **Chiffrage :**

Avant d'examiner l'opportunité de nouvelles actions incitatives de recherche il faudra évaluer les réponses qui vont être soumises à l'appel à propositions « Villes durables » de l'ANR au regard des objectifs exprimés ci-dessus.

Deux points doivent cependant être mentionnés :

- l'importance de disposer de données pertinentes et régulièrement mises à jour sur les attentes et comportements des habitants ; une équipe d'une quinzaine de personnes devrait être spécifiquement mise en place à cet effet pour un coût annuel récurrent de 2 M€ ;
- l'attention à porter à la normalisation technique des équipements urbains y compris les aspects métrologiques (par exemple pour les nouvelles technologies d'éclairage).

## **Bâtiments**

### **État des lieux :**

La préoccupation de l'efficacité énergétique des bâtiments était déjà identifiée avant le Grenelle de l'Environnement, et était traitée sous ses aspects de R&D par le Programme interministériel de Recherche PREBAT, démarré en 2005-2006 en tant que composante du Plan Climat (avec des financements de 16 à 20 M€/an). Parallèlement une fondation Bâtiment-Energie a été créée avec des apports financiers d'EdF, GdF, Lafarge et Arcelor.

Cependant les conclusions du Grenelle de l'Environnement exigent d'accélérer la mise en œuvre des objectifs antérieurs ce qui conduit à devoir réviser les objectifs à court-terme de la R&D, en amplifiant les besoins sur l'intégration des briques technologiques et la diminution des coûts. Il faut simultanément viser trois objectifs :

- élaborer des bâtiments neufs dont les consommations seraient trois à quatre fois inférieures à celles des bâtiments actuellement les plus performants,
- moderniser les bâtiments existants afin de leurs faire atteindre des performances énergétiques proches de celles des bâtiments neufs,
- préparer le bâtiment à énergie positive, c'est-à-dire mettre en place les conditions techniques (y compris raccordement au réseau électrique et gestion de ce dernier) et identifier les freins dont la levée permettra d'avoir des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

### **Propositions :**

Il faudra distinguer ce qui relève de la construction neuve et de la rénovation qui pose des problèmes spécifiques. Pour chacun des objectifs trois axes de recherche sont à définir : l'amélioration des matériaux (par exemple des isolants minces hautes performances à un coût raisonnable), l'invention de systèmes permettant de proposer des solutions d'isolation, l'optimisation de la mise en œuvre intégrée de ces systèmes sur un chantier. Ceci ne sera possible que si les programmes de recherche associent des acteurs à ces différents niveaux (entreprise de matériaux, architectes/bureau d'études, constructeurs, organisations professionnelles de l'artisanat) et que l'on vise des démonstrateurs de nouvelles techniques de constructions permettant la mise en œuvre de ces solutions innovantes. Il faut également poursuivre la R&D sur les briques technologiques dans une perspective de plus long terme.

Deux composantes ne devront pas être oubliées :

- un parangonnage international sur les technologies disponibles et les pratiques constructives ;

- l'évaluation des performances, indispensable pour la validation des modèles prédictifs et le retour d'expérience, ce qui suppose des évolutions rapides dans les outils métrologiques mis en œuvre.

### **1 - La conception du bâtiment**

- Réinventer une architecture bioclimatique de masse permettant de bénéficier des apports caloriques du soleil en saison froide, et d'éviter les problèmes de confort liés à la surexposition en saison chaude (écrans adaptés, utilisation de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir les bâtiments, climatisation solaire par adsorption).
- Développer une chaîne logicielle complète de modélisation d'un bâtiment vis-à-vis de paramètres physiques variés pour permettre des avancées en matière de recherche sur l'intégration des différentes solutions technologiques et la prévision des performances correspondantes

### **2 - L'enveloppe du bâtiment :**

- A court terme, améliorer l'efficacité énergétique et diminuer les coûts des composants de l'enveloppe, en maîtrisant la ventilation et en développant la super isolation en couche mince pour les bâtiments existants, les solutions d'isolation extérieure, le traitement des ponts thermiques, le couplage isolation / inertie thermique.
- Pour le moyen terme, développer des enveloppes « intelligentes » prenant en compte directement ou par anticipation les besoins de l'utilisateur et les milieux environnants, en intégrant des isolants adaptatifs, des matériaux à changement de phase, des vitrages actifs.
- Pour le plus long terme, travailler sur des matériaux possédant de nouvelles caractéristiques thermiques et mécaniques, tels que les matériaux organiques et composites, et les nanomatériaux.

### **3 - Les systèmes énergétiques :**

- Développer à court et moyen terme des systèmes de ventilation intégrant les avancées en matière de double flux, de gestion pièce par pièce et d'hybridation, et les faire évoluer vers des équipements de gestion de l'air incluant des détecteurs variés (polluants, fumées, présence) afin de moduler les débits et de préchauffer ou rafraîchir l'air entrant.
- Développer l'intégration des énergies renouvelables pour répondre aux besoins énergétiques des bâtiments à énergie positive
- Développer les dispositifs de contrôle-commande pour gérer les équipements de façon modulable en fonction des usages, des comportements des usagers et des saisons tout en ayant les interfaces adaptées pour la responsabilisation de l'utilisateur.
- Favoriser l'émergence et le déploiement de produits, composants et équipements sobres en énergie avec une attention particulière à porter sur l'éclairage.

### **4 - Les questions transversales :**

- Elaborer des solutions diversifiées mais standardisées, adaptées à la forte hétérogénéité du parc de bâtiments existants pour pouvoir proposer un ensemble de solutions globales de réhabilitation thermiques valables sur des sous ensembles homogènes de bâtiments (« package » haussmannien, « package » établissement scolaire, « package » immeuble d'habitat collectif).
- Trouver les solutions d'ingénierie financière pour améliorer la capacité des ménages, des acteurs privés et de la puissance publique à financer le surcoût d'investissement requis pour l'amélioration des performances thermiques tant en réhabilitation des bâtiments existants qu'en construction de bâtiments neufs.

- Préparer, par les sciences sociales, l'apparition de nouvelles formes d'architecture en rupture avec celle des bâtiments classiques, mais aptes à préserver l'attractivité touristique du patrimoine bâti
- Construire un lien fort entre recherche et formation pour permettre l'appropriation rapide des nouvelles solutions de construction et de réhabilitation par les formateurs et les professionnels

### Chiffrage :

S'il devrait suffire de conforter les structures et moyens existants pour répondre aux objectifs de moyen et long terme qui ont été confirmés par les conclusions du Grenelle de l'Environnement, des moyens supplémentaires doivent être mis en place pour un programme quinquennal spécifiquement axé sur le court terme avec pour objectifs :

- de sélectionner et finaliser les technologies rapidement applicables, et de valider l'intégration de ces technologies pour disposer de sous-ensembles fonctionnels performants à coût maîtrisés (5 M€/an) ;
- de soutenir la validation des innovations et de favoriser la réalisation d'opérations de démonstration de bâtiments à énergie positive (respectivement 2,5 M€/an et 7,5 M€/an)
- de développer des moyens intégrés de modélisation (3,5 M€/an)
- de développer une métrologie appropriée des performances (2,5 M€/an)

Pour les objectifs de moyen et long terme, il conviendra de réserver une part significative des soutiens financiers à des actions de R&D focalisés sur des sujets répondant à une demande bien identifiée et pour lesquels un potentiel de valorisation industrielle est avéré.

## Tableau de synthèse

Recommandations de financements additionnels	R&D AAP ANR	R&D AAP top-down	démonstrateurs ADEME
<b>TOTAL Urbanisme-Ville-Habitat 2009-2012 : 90 M€</b>	<b>6</b>	<b>54</b>	<b>30</b>
Constituer une équipe de collecte de données pertinentes et actualisées sur le « métabolisme urbain »	6		
Intégration en sous-ensembles fonctionnels des briques technologiques pour le bâtiment		20	
Validation des innovations et opérations de démonstration de bâtiments à énergie positive		10	30
Développement d'une chaîne logicielle intégrée de modélisation des bâtiments		14	
Développement d'une métrologie des performances des bâtiments et des équipements urbains		10	



# Une recherche au service de la société et à son écoute

La recherche est confrontée à des attentes multiples et à des inquiétudes croissantes. Une situation paradoxale qui exige un réel effort de dialogue entre citoyens et scientifiques, entre responsables publics et leaders d'opinion. Dans les sociétés contemporaines, la culture du doute, fondement de l'attitude scientifique, doit se diffuser sans se caricaturer.

Le sous-groupe de travail « expertise » et celui porteur des questions « sciences dans la société » ont convergé, car l'un et l'autre se sont interrogés sur le fondement de la crédibilité de l'énoncé scientifique ainsi que sur les facteurs de confiance et les procédures d'alerte.

Cette synthèse associe l'examen du processus d'expertise à une réflexion générale sur les autres formes de dialogue entre le monde scientifique et son environnement. Elle est enrichie des propositions issues du séminaire organisé conjointement le 25 avril 2008 par les COMOP « Recherche » et « Enseignement supérieur » à la Cité des sciences et de l'industrie.

## 1. Recherche et expertise

Le terme d'expertise peut recouvrir dans le langage courant un métier, un niveau de compétence, voire une série de tâches. C'est cette dernière acception retenue par la norme AFNOR NF X50-110 qui a été adoptée pour conduire les réflexions du sous-groupe : « L'expertise est une démarche fréquemment utilisée pour élaborer des avis, des interprétations, des recommandations, en vue de prévoir, de prévenir, d'innover, de construire, d'expliquer l'origine d'événements ou de catastrophes, d'établir des responsabilités, d'éclairer la résolution de conflits, d'évaluer des dommages, des objets, des biens ou des services de toute nature ».

L'augmentation du volume des connaissances, leur renouvellement rapide particulièrement dans les domaines de l'évaluation des risques naturels ou technologiques, l'accroissement du transfert de la science vers ses applications technologiques, la complexité et la difficulté croissante des choix publics, ont renforcé le rôle de l'expertise dans les domaines scientifiques et techniques.

Le monde de la recherche et de l'enseignement supérieur est donc sollicité de plus en plus fréquemment pour éclairer la société. Cette demande va de l'établissement d'un état des connaissances à leur analyse et à l'interprétation de cette analyse pour étayer une décision publique ou privée en fonction des objectifs définis initialement par le commanditaire de l'expertise.

### • Encadrement législatif et réglementaire de l'expertise scientifique

L'activité d'expertise des chercheurs et enseignants chercheurs est désormais reconnue par la loi. La loi de programme pour la recherche du 18 avril 2006 érige la capacité d'expertise scientifique au rang des objectifs de la recherche publique et des missions des personnels de la recherche dans ses articles 14 et 15. L'article 16 de la loi sur les OGM du 25 juin 2008 invite l'AERES à veiller à ce que *"les procédures d'évaluation mises en œuvre prennent en compte les activités d'expertise conduites par les personnels [scientifiques] dans le cadre de commissions à caractère consultatif placées auprès d'une autorité de l'État, quelles que soient leurs dénominations, ou dans le cadre des activités d'une autorité administrative indépendante<sup>1</sup> »*.

Le temps de l'expertise ne doit plus donc être considéré comme soustrait à la recherche, mais bien comme une composante de la mission d'intérêt national des personnels de la recherche. Cette reconnaissance doit s'accompagner d'une information appropriée. À l'évaluation des activités d'expertise des chercheurs et des organismes doit désormais correspondre l'inscription d'indicateurs de performances spécifiques dans les contrats d'objectifs et de moyens des organismes publics de recherche et des établissements d'enseignement supérieur et de recherche, ainsi que dans la restitution de leurs activités au Parlement dans le cadre de la LOLF. Ces dispositions supposent que chaque établissement puisse obtenir de ses propres salariés engagés dans une procédure d'expertise pour un tiers une déclaration d'activité, que cette expertise soit individuelle, collégiale ou institutionnelle. Par réciprocité, il est nécessaire que les travaux d'expertise des personnels scientifiques soient correctement pris en compte dans les qualifications (par le CNU pour les enseignants-chercheurs). Pour améliorer cette reconnaissance, des « niveaux » ou « rangs »

---

<sup>1</sup> Cette disposition a pour conséquence de modifier le 4° de l'article L. 114-3-1 du code de la recherche

d'expertise pourraient être distingués afin de favoriser l'assimilation de cette activité à celle de publication<sup>2</sup>.

Cette activité bénéficie parallèlement d'un cadre normatif édicté par la norme AFNOR NF X50-110<sup>3</sup>, qui « s'attache à spécifier les exigences générales de compétence requises pour réaliser une expertise conforme aux exigences du client et aux exigences légales et réglementaires applicables » et qui précise utilement dans ses premiers articles les termes d'expert et les différentes catégories d'expertise.

Cet encadrement législatif et réglementaire - et notamment les dispositions relatives à la responsabilité respective des experts et des établissements - reste cependant mal connu du public et parfois des chercheurs eux-mêmes.

Des actions de communication spécifiques doivent être suscitées au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche, mais c'est surtout sur la formation des futurs chercheurs et des acteurs de la société qu'il convient d'insister. La notion d'expertise, le principe d'incertitude, l'intérêt du principe de précaution en tant que principe d'action, pourront être abordés dès le début de l'enseignement supérieur. L'enseignement des aspects réglementaires de l'expertise devra être généralisé dans les programmes des écoles doctorales. Les auditeurs de l'Institut des Hautes Etudes pour la Science et la Technologie (IHEST) pourraient bénéficier également de conférences-débats sur ce thème.

**Recommandation 1 :** *Mieux faire connaître l'encadrement législatif, réglementaire et normatif de l'expertise par des actions d'information et de formation (Engagements 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 232).*

- **Généralisation et harmonisation des bonnes pratiques**

Toutefois l'encadrement normatif de l'activité d'expertise ne saurait suffire à lui seul à aider les chercheurs, individuellement et collectivement dans leurs réponses aux différentes sollicitations de la société. Nombreux sont les établissements publics qui ont déjà défini des règles spécifiques. Déclinées le plus souvent sous la forme de charte, ces règles, qui s'appuient quasiment toutes sur les définitions de la norme AFNOR, s'attachent à identifier les champs de compétence, les responsabilités, l'organisation et la conduite de l'expertise. Elles peuvent s'enrichir d'annexes qui illustrent les pratiques et les compétences mises en œuvre lors des missions d'expertise et proposent parfois des formulaires types de déclaration de liens d'intérêts<sup>4</sup>.

Un des objectifs de ces différents textes est d'accompagner les chercheurs dans leurs pratiques quotidiennes, de leur faire prendre conscience de leur responsabilité et de la différence de posture qu'ils doivent adopter pour les activités de recherche et les missions d'expertise. La confrontation entre la démarche scientifique qui vise à faire reculer à moyen ou long terme les frontières de la connaissance et le recours à l'expertise qui doit les définir dans un délai court, en réponse aux questions posées par ses commanditaires, introduit dans l'opinion publique un clivage de nature paradoxale entre deux activités qui sont de fait en étroite filiation. Ces deux pratiques et ces deux temporalités doivent être conciliées et s'enrichir mutuellement. Une telle dualité est illustrée particulièrement par les travaux de « l'International Panel for Climate Change » (IPCC/GIEC) dont la contribution à la décision politique a été récompensée en 2008 par le Prix Nobel. L'expertise renforce les liens entre la recherche et la demande sociale. Dans la gestion des ressources humaines des opérateurs de recherche elle doit contribuer au développement des compétences.

Le processus d'expertise comporte un enchaînement d'étapes distinctes qui voit se succéder des phases de dialogue avec les parties prenantes et de travaux scientifiques consacrés à l'expertise proprement dite:

<sup>2</sup> L'hétérogénéité des modalités de rémunération de l'expertise a aussi été soulignée, en particulier l'impossibilité pour les EPST de verser à ce titre des compléments de rémunération à leurs chercheurs. L'extension du régime de l'indemnité spécifique pour fonctions d'intérêt collectif (ISFIC) à l'encadrement d'expertise sur ressources extrabudgétaires a été évoquée pour régler ce point particulier.

<sup>3</sup> « Prescriptions générales de compétence pour une expertise », norme AFNOR NFX50-110, mai 2003.

<sup>4</sup> Déclaration de nature obligatoire, publique et actualisable en permanence selon les dispositions du code de la santé publique depuis juin 2000 et harmonisées par l'ordonnance du 1er septembre 2005 aux établissements publics nationaux créés par la loi du 1er juillet 1998.

1. La phase de débats préalables et contradictoires a pour objectif d'établir le cahier des charges de l'expertise. Il est recommandé que les positions des parties prenantes y soient clarifiées et que le choix des experts soit discuté. Cette publicité de la commande ouvre un dialogue qui permet de formaliser les controverses, de réunir les demandes identiques ou complémentaires et de préciser les questions soumises à l'expertise. Cette étape vient notamment faciliter le bon déroulement des phases ultérieures et particulièrement l'exposition des résultats.
2. La deuxième phase est celle du travail *stricto sensu* des experts qui doit être indépendant et protégé de toute intervention ou pression. Cette protection doit s'exercer, que l'expertise soit institutionnelle, individuelle ou collective. Les experts ont le devoir de produire et de documenter tous les éléments qui fondent leur expertise (travaux référencés, publication, tests complémentaires...).
3. La troisième phase correspond à la présentation de l'expertise aux commanditaires. et sa confrontation au cahier des charges contribue à la préparation d'une restitution publique claire et lisible.
4. La quatrième phase consacrée à la diffusion des résultats renoue avec les échanges initiés lors de la première phase. Elle peut comporter un débat autour des résultats et suppose en tout état de cause un travail de communication et d'information scientifique à la hauteur des enjeux.

Parfois confondues, parfois différenciées, ces étapes sont à proportionner en fonction des enjeux, mais elles doivent répondre à des contraintes similaires quel que soit le porteur de l'expertise. Aussi, les démarches des organismes procèdent des mêmes interrogations et conduisent à des recommandations voisines. La similitude des démarches a par exemple conduit les opérateurs du programme 187 de la MIRE<sup>5</sup> à proposer l'élaboration d'un référentiel commun de l'expertise scientifique et technique pour garantir la qualité et la sécurité du travail de leur personnel et augmenter la visibilité nationale et internationale de leurs travaux d'expertise.

En s'inspirant notamment d'une telle initiative, un mécanisme d'harmonisation des pratiques, complémentaire de l'encadrement réglementaire et législatif, qu'il viendrait enrichir le cas échéant, peut être envisagé. Il conviendrait d'en confier en particulier l'élaboration et l'amélioration constante aux établissements d'enseignement supérieur et de recherche et aux organismes publics de recherche qui prendraient en compte leur expérience propre, mais également les bonnes pratiques de l'étranger et notamment celles des pays membres de l'Union européenne<sup>6</sup>. L'adhésion des établissements concernés à une telle charte nationale se ferait sur une base volontaire et engagerait leurs chercheurs à respecter ces pratiques communes. L'ensemble des adhérents procéderait à une révision de ses règles, en tant que de besoin et en fonction de leur expérience, garantissant ainsi une meilleure adaptation aux demandes nationales et internationales.

Par ailleurs, les partenariats de recherche avec le privé et les associations sont très fréquents et leur développement est encouragé en France, comme en Europe et dans le monde. Il convient en conséquence de s'interroger sur l'intérêt d'ouvrir l'adhésion à une telle charte aux acteurs du secteur privé ou associatif, producteurs potentiels d'expertise.

La charte nationale abordera la question de la responsabilité des experts, en tenant compte des statuts des personnels de la recherche, et des établissements en s'inspirant des chartes existantes dans lesquelles les principes suivants sont souvent développés. Dans le cas d'expertises institutionnelles, réalisées par un ou plusieurs experts, qui font l'objet d'une commande émanant de donneurs d'ordre publics ou privés, adressée aux instances de gouvernance d'un établissement, celui-ci doit se porter garant de ses agents appelés à participer à la mission qui lui est confiée. En outre, parmi les experts ainsi désignés, ceux qui relèvent d'un statut d'agent public de l'Etat doivent pouvoir bénéficier des dispositions génériques relatives à la "protection fonctionnelle"<sup>7</sup> dont les principes ont été récemment rappelés par la circulaire du 5 mai 2008 émanant de la direction générale de

---

<sup>5</sup> INRA, CIRAD, IRD, BRGM, IFREMER, CEMAGREF

<sup>6</sup> Principes et lignes directrices proposés par la Commission sur l'obtention et l'utilisation d'expertise - COM(2002) 713 du 11 décembre 2002)

<sup>7</sup> cf. article 11 de la loi n° 83-634 du 13 juillet 1983, portant droits et obligations des fonctionnaires.

l'administration et de la fonction publique (B8 n° 2158). Cette protection peut aussi s'étendre aux expertises confiées à titre personnel (*ex intuitu personae*), à la condition que l'accord exprès de l'établissement public d'appartenance soit sollicité au préalable et obtenu. En revanche, les établissements publics ne sauraient être tenus pour responsables des expertises confiées, sans leur accord préalable, à certains de leurs agents à titre personnel (*ex intuitu personae*).

**Recommandation 2 :** *Demander aux organismes publics de recherche qui se sont déjà dotés d'une charte de l'expertise de proposer dans un délai de six mois une charte commune en s'appuyant sur les pratiques existantes et en associant étroitement les établissements d'enseignement supérieur. Puis encourager (contrats d'objectifs, lettres d'orientation...) les autres établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les autres organismes publics de recherche à adhérer à cette charte nationale de l'expertise et à la mettre en œuvre. Cette charte proposera des modalités de gestion des conflits potentiels d'intérêts résultant en particulier du développement des contrats de recherche du secteur public avec les acteurs du monde économiques publics ou privés, français et étrangers. (Engagements 193, 206, 210, 211, 212).*

Pour le bon fonctionnement de ce dispositif, il serait nécessaire qu'une instance consultative supérieure assure un rôle de régulation. Le groupe considère que Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) pourrait tenir ce rôle. En sa qualité d'instance consultative, ce Conseil serait invité à se prononcer sur l'évolution des pratiques des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche en matière d'expertise et notamment sur la nécessité d'aménagements législatifs ou réglementaires.

**Recommandation 3 :** *Confier au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie un rôle de veille sur les procédures d'expertise des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche (Engagements 193, 194, 195).*

## 2. Sciences dans la société

Le Grenelle de l'environnement a marqué incontestablement une étape dans la façon d'appréhender les questions environnementales dans toute leur complexité. Il a montré l'intérêt pour traiter ces questions d'organiser une confrontation de plusieurs collèges représentant l'Etat, les collectivités territoriales, les associations non gouvernementales écologistes, le patronat et les syndicats. Les questions adressées à la recherche ont mis en lumière la variété des attentes de la société et la nécessité pour répondre à ces attentes d'accorder une plus grande attention au traitement des signaux diffus ou les manifestations individuelles fortes que sont respectivement les sujets émergents et les alertes<sup>8</sup>. Enfin, elle a confirmé la nécessité d'améliorer la communication sur la démarche scientifique et sur le travail des chercheurs.

- **Rôle des sciences humaines et sociales**

Les questions environnementales sont souvent complexes. Leur traitement, quand bien même il ne relèverait que d'une seule discipline expérimentale, demande souvent à être enrichi de contributions des sciences humaines et sociales.

---

<sup>8</sup> Un "sujet émergent" est une thématique relevant en majorité du domaine environnemental, qui n'a pas fait au préalable l'objet d'une formalisation scientifique et technique et échappent à ce titre, en partie ou en totalité, à la définition et à la programmation des priorités nationales de recherche.

L'alerte est un événement multiforme de mise en garde à l'égard d'un événement, d'une pratique ou d'une utilisation de connaissances qui peuvent présenter un danger pour la société.

Les sciences humaines et sociales peuvent notamment fournir un cadre approprié pour identifier et analyser les « savoirs traditionnels et profanes » qui sous-tendent les pratiques contemporaines en France ou dans le monde (agriculture, médecine, aménagement du territoire, climatologie appliquée au territoire...) et les confronter aux « savoirs savants ».

Leur sollicitation plus systématique, dès l'élaboration des questions de la recherche, peut contribuer à une meilleure adaptation des réponses et favoriser leur compréhension, en particulier pour aborder les questionnements suivants :

- l'insertion des nouvelles options technologiques ou organisationnelles dans l'univers social, l'analyse de la stratégie des acteurs et des comportements des consommateurs et usagers au regard des innovations ;
- la modélisation économique pour alimenter les réflexions prospectives portant sur les conséquences des évolutions de la situation environnementale (réchauffement climatique et ses impacts, atteintes de la biodiversité...), mais aussi sur l'impact des politiques de prévention ou de précaution en termes économiques et sociaux. A ce titre le développement des méthodes d'analyse dites de « cycle de vie » et des méthodes de prise en compte des « externalités » mérite un effort particulier,
- les recherches sur les instruments des politiques publiques, leur efficacité économique et leur impact socio-économique (effets « redistributifs »...).

Des recommandations fortes pourraient être adressées aux établissements d'enseignement supérieur et de recherche et aux organismes publics de recherche ainsi qu'aux agences de programmes et de moyens pour intégrer les apports des sciences humaines et sociales dès l'amont dans les programmes et les appels à projets à dimension technologique, voire en faire une condition de recevabilité pour ces derniers.

**Recommandation 4 :** *Encourager l'intégration des sciences humaines et sociales au côté des autres disciplines dès la conception des projets et des programmes de recherche appliqués notamment par des incitations fortes dans les appels à projets de recherche nationaux (Engagements 187, 232).*

#### • **Communications et échanges avec les acteurs de la société**

Les expériences menées au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche ont souligné l'intérêt de diversifier les points de vue notamment par la consultation des acteurs de la société civile pour définir ou pour conduire les programmes de recherche appliquée.

Des comités de partenaires sont ainsi été constitués par les organismes du programme 187 pour favoriser les échanges et les discussions et mettre en valeur les besoins et les préoccupations nouveaux. La Fondation de recherche pour la biodiversité, créée en 2008, prendra en compte pour définir ses programmes l'expression de l'ensemble des acteurs de la société civile, ONG, entreprises, collectivités, réunis dans un comité d'orientation scientifique des partenaires (COSPAR). Ce comité disposera également d'une représentation au conseil d'administration de la Fondation.

La conduite par l'INRA d'une expérimentation sur des vignes génétiquement modifiés en Alsace a largement associé viticulteurs et associations de protection de l'environnement.

L'expression des « savoirs profanes » est également favorisée et organisée.

La multiplication de ces initiatives, au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche devrait permettre d'accroître la réactivité et l'adaptation des travaux des équipes de recherche.

Enfin la capacité du Parlement, notamment par l'intermédiaire de l'Office parlementaire de l'évaluation des choix scientifiques et techniques, à définir les priorités de recherche et évaluer les programmes de recherche, ainsi qu'à conduire sur les sujets scientifiques les plus controversés, une expertise publique, collective et contradictoire dans des délais qui répondent aux attentes des citoyens, devrait être plus largement sollicitée.

**Recommandation 5 :** *Encourager, par exemple au sein d'instances spécifiques, la consultation des acteurs de la société, notamment ceux qui ont contribué au Grenelle de l'environnement ; les associer à la définition et au déroulement de certains programmes de recherche participatifs. Solliciter plus largement la capacité du Parlement, notamment par l'intermédiaire de l'OPECST, à définir les priorités de recherche et évaluer les programmes de recherche, ainsi qu'à conduire des expertises publiques, collectives et contradictoires sur les sujets scientifiques les plus controversés (Engagements 58, 162, 187, 189, 193, 199).*

Comme cela a été souligné dans la première partie, la complexité des questions sociétales notamment environnementales, le volume des connaissances à intégrer, la spécificité de la démarche scientifique, demandent un travail particulier de communication. C'est par ce travail que les faits solidement établis, les incertitudes et les questions débattues pourront être mis en lumière et mieux partagés avec le public en utilisant les différents médias.

**Recommandation 6 :** *Communiquer sur le thème du travail scientifique par des rendez-vous réguliers associant les médias pour faire connaître au public les thèmes de recherche émergents et débattre de leurs impacts sociétaux (Engagements 187, 189, 213).*

- **Identification des sujets émergents**

Dans le domaine de la recherche, les exercices de prospective se multiplient.

Deux exemples en illustrent les développements récents en agriculture : « L'International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development » (IAASTD) et la prospective INRA 2020. Les conséquences du changement climatique, qui sont notamment discutées avec les acteurs de la société civile, permettront d'orienter les programmes de recherche nationaux et internationaux. Ces exercices nécessitent des moyens, mais surtout le développement de pratiques spécifiques de recherche et d'analyse de données, d'élaboration de modèles (exercice FORESIGHT en Grande-Bretagne).

Ces exercices de prospective répondent essentiellement à la complexité croissante des questions de société et de recherche, mais permettent plus difficilement d'identifier les sujets émergents qui ne sont révélés souvent que par des signaux faibles ou diffus.

L'identification des sujets émergents rentre pleinement dans la mission de la recherche publique. Celle-ci développe au service de cet objectif de nombreuses stratégies complémentaires. Les programmes blancs de l'Agence nationale de la recherche (ANR) autorisent ainsi l'expression d'idées originales, voire contraires à l'opinion commune. C'est surtout aux opérateurs de recherche que revient la responsabilité de l'identification de ces idées et de leur développement. Séminaires, actions incitatives, échanges de chercheurs...sont autant de procédures qui visent à distinguer les avancées originales en évitant la dispersion des équipes et des moyens.

La conduite de travaux d'expertise sur ces sujets, dont les opérateurs de recherche se seraient auto-saisis, permettrait de préciser les questions scientifiques qui y sont attachées et d'adapter rapidement les programmes de recherche.

**Recommandation 7 :** *Favoriser l'identification et l'évaluation de sujets émergents par la réalisation d'expertises par auto-saisine dans les établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les organismes publics de recherche ainsi que la réalisation d'études prospectives (Engagements 187, 232).*

- **Traitement de l'alerte**

Il est important pour les établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche de prendre en considération les alertes, de les traiter selon une procédure transparente et traçable et de leur apporter une réponse proportionnée. L'attention doit être portée à

leur contenu et aux circonstances particulières de leur apparition. L'analyse du contenu doit être confrontée aux connaissances validées et aux orientations des programmes de recherche. L'expérience acquise sur les circonstances d'apparition des alertes doit être mise à profit pour améliorer les procédures de consultation, interne ou externe.

Dans le cas des alertes portées par des membres du personnel des établissements et des organismes dans leur domaine d'activité, il conviendra d'analyser les modalités de consultation du personnel, les règles d'éthique et de déontologie en vigueur, les procédures spécifiques à l'identification des sujets émergents. Si ces règles de fonctionnement interne et leur sollicitation renouvelée ne parviennent pas à fournir une réponse que l'émetteur de l'alerte juge appropriée, il conviendra alors d'engager un processus de médiation.

Des cellules de médiation se multiplient au sein des organismes et des établissements de recherche. Distinguées clairement des lignes fonctionnelles ou opérationnelles qui n'ont pas pu ou pas su prendre en charge une demande particulière, elles sont en mesure de considérer conjointement les arguments scientifiques, l'environnement et les procédures en cours ainsi que la personnalité du demandeur. Rattachée directement à la plus haute autorité de l'établissement, elles disposent d'un poids suffisant pour faire évoluer les procédures et proposer un règlement consensuel de l'alerte. Si cette procédure n'aboutit pas, la possibilité de la poursuivre en dehors de l'établissement ou de l'organisme doit être examinée. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST), qui rassemble députés et sénateurs, dispose de l'autorité et des compétences pour organiser le débat en convoquant les experts et les parties prenantes ainsi que pour le porter, le cas échéant, au niveau politique requis.

**Recommandation 8 :** *Mettre en place dans un délai de deux ans des procédures de traitement des alertes au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche incluant notamment une possibilité de recours à une médiation interne. Instituer la possibilité, si ces procédures n'aboutissent pas, d'une appropriation du débat par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST) (Engagements 193, 194).*

Les questions scientifiques émergentes et les alertes pourraient bénéficier d'une analyse d'ensemble confiée à une instance supérieure de concertation. Le groupe estime que compte tenu de l'expérience qu'il a acquise dans le dialogue avec les acteurs économiques et les partenaires sociaux, le Conseil supérieur de la science et de la technologie (CSRT) pourrait s'acquitter d'un tel rôle. Il conviendrait d'en ménager l'accès aux organisations non gouvernementales. Les représentants des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les organismes de recherche qui y siègent seraient en mesure de relayer les préoccupations émergentes qui y ont été identifiées. Le Conseil pourrait également s'en autosaisir. Il pourrait le cas échéant émettre des recommandations sur les procédures mises en œuvre et porter l'attention du ministre en charge de la recherche sur les sujets ainsi identifiés.

**Recommandation 9 :** *Elargir la représentation du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) aux organisations non gouvernementales et lui confier un rôle de veille et de conseil sur l'évolution des pratiques en matière de consultation des partenaires, d'analyse des signaux diffus et de traitement de l'alerte au niveau national dans le domaine de la recherche (Engagements 162, 193, 194, 195, 199).*





## Séminaire

### « Enseignement supérieur, recherche et développement durable »

---

#### INVITATION

Le vendredi 25 avril 2008 à la Cité des sciences et de l'industrie, les Comités opérationnels « Recherche » et « Education » du Grenelle Environnement proposent aux responsables concernés de participer au séminaire « Recherche, enseignement supérieur et développement durable » qui vise à recueillir leurs attentes sur deux sujets importants soulevés lors du Grenelle :

- ▶ **Comment mieux associer la société civile aux orientations de la recherche et de l'enseignement supérieur ?**
- ▶ **Comment mobiliser les équipes d'enseignants et chercheurs sur des problématiques de développement durable ?**

Rappelons que ce séminaire s'adresse principalement aux responsables des organismes de recherche et d'enseignement supérieur, notamment aux directeurs des établissements publics de recherche, aux directeurs des grandes écoles, aux présidents et secrétaires généraux d'université, aux directeurs des études, directeurs de la recherche et directeurs de laboratoire...

**NB/ Les deux tables rondes permettront aux personnalités intervenant de réagir aux questionnements et propositions qui seront émises par les participants.**

L'objectif est d'enrichir les propositions des comités opérationnels qui doivent remettre aux pouvoirs publics des propositions les plus concrètes possibles pour appliquer les engagements pris lors du Grenelle de l'environnement.

Soulignons que pour participer à ce séminaire, nous vous demandons de bien vouloir renseigner et renvoyer à l'adresse [seminaireESRDD@paris.inra.fr](mailto:seminaireESRDD@paris.inra.fr) la demande d'inscription ci-jointe qui permet également d'indiquer l'objet de vos propres suggestions.

Avec tous nos remerciements pour votre contribution active, nous sommes dans l'attente de vous rencontrer à l'occasion de ce séminaire,

Marion Guillou  
COMOP « Recherche »

Jacques Brégeon  
COMOP « Education »



**Séminaire « Enseignement supérieur, recherche et développement durable »**  
CITE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE\*, PARIS, 25 AVRIL 2008

**PROGRAMME**

8h15 > accueil des participants  
9h00 > Ouverture : Marion Guillou et Jacques Brégeon

**Introduction par Michèle Pappalardo, Commissaire générale au développement durable**

---

9h15 : Table ronde 1

**Mieux associer la société civile aux orientations de la recherche  
et de l'enseignement supérieur**

---

**Etat des lieux**

Bernard Chevassus-au-Louis, inspecteur général de l'agriculture

**Illustration au niveau d'un établissement de recherche**

Jean-Yves Perrot, président directeur général de l'IFREMER

**Illustration au niveau d'un programme de recherche**

Pierre-Benoît Joly, directeur de l'unité de recherche « Transformations sociales et politiques liées au vivant », INRA

**Illustration au niveau d'une université ou d'une grande école**

Jean-Pierre Finance, président de la Conférence des présidents d'université  
Hervé Biauasser, directeur de l'Ecole Centrale Paris

**Quelles attentes de la société civile et comment mieux y répondre ?**

Propositions et discussion avec notamment,

- José Cambou, France Nature Environnement, Commission Santé Environnement
- Dorothee Benoît-Browaey, association VivAgora

10h45-11h00 > Pause

---

11h00 : Table ronde 2

**Quelle gouvernance des établissements et quelles pratiques de  
recherche et d'enseignement pour le développement durable ?**

---

**L'engagement des grandes écoles dans le développement durable**

Christian Margaria, président de la Conférence des grandes écoles

**Une université fortement impliquée dans le développement durable**

Michel Lussault, président de l'Université François-Rabelais de Tours

**L'agence interne du CNRS pour l'environnement et le développement durable**

Bernard Delay, directeur scientifique du département EDD, CNRS

**Un organisme de recherche et d'expertise au service du développement durable**

Philippe Vesseron, président du BRGM

**Quelles modalités de partenariats et comment les développer ?**

Propositions et discussion avec notamment :

- Thierry Delarbre, directeur général du Pôle de compétitivité Ville et mobilité durables
- Claire Tutenuit, déléguée générale, Entreprises pour l'environnement

12h30 > Synthèse des principales idées et propositions relevées par les rapporteurs

13h00 > Clôture



## Fiche d'inscription

NB/ La demande de pré-inscription en ligne est obligatoire à l'adresse suivante :  
[seminaireESRDD@paris.inra.fr](mailto:seminaireESRDD@paris.inra.fr)

Clôture des pré-inscriptions : vendredi 18 avril 2008  
La confirmation des inscriptions sera effectuée à partir de cette date.

**Prénom, NOM :**

**Organisme :**

**Fonction :**

**Téléphone :**

**Courriel :**

Dans le cadre des discussions concernant de la table ronde n°1 ou n°2, je souhaite formuler la(les) proposition(s) suivante(s) :

\* **Cité des Sciences et de l'Industrie** - 30, avenue Corentin-Cariou - 75019 Paris

### **Accès**

Métro : ligne 7, station Porte de la Villette

Bus : 75, 139, 150, 152, 249, PC.

Parc auto payant : entrée quai de la Charente

## Liste des participants

ARCHAMBAULT	Pierre	INPL Nancy
AUBEL	Christophe	Ligue ROC
AUBERTIN	Catherine	IRD
BAGNEKI	Danièle	Ministère de l'agriculture et de la pêche
BARRES	Danielle	INRA
BAUJAULT	Christophe	École Centrale d'Électronique - Paris
BECKERT	Michel	INRA Clermont-Ferrand
BELIERES	Françoise	CPE LYON
BENICHO	Léo	Ecole polytechnique
BENOIT-BROWAEYS	Dorothee	VivAgora
BERNARDEAU	Alain	Agrocampus Rennes
BERNIE-BOISSARD	Catherine	Université de Nîmes
BIAUSSER	Hervé	Ecole centrale de Paris
BICHET	Pierre	Ecole du pétrole et des moteurs
BIGOT	Bernard	Commissariat à l'énergie atomique
BLANC	Gérard	Université Bordeaux 1
BONNET	Allan	Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace
BREGEON	Jacques	CHEE&DD
CABEZAS	Francisca	Université de Paris X
CAMBOU	José	France Nature Environnement
CHABOD	Dominique	AgroParisTech - ENGREF
CHARRIER	Marie Jeanne	Animafac
CHEMINEAU	Philippe	INRA
CHEVASSUS-AU-LOUIS	Bernard	Ministère de l'agriculture et de la pêche
CHIROUZE	Jean-Paul	Cemagref
CHOQUERT	Martine	MEEDAT_DGEC
CLEMENT	Bernard	Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat
CLIN	François	MESR/DGRI
COLOMBANI	Pascal	AT Keaney
COMMOY	Jérôme	REFEDD
CONRARDY	Céline	Avenir Climatique
COUTANT	Brigitte	CSI
COUTELLIER	Daniel	ENSIAME
CRETON	Marie-Christine	INSA Strasbourg
DEBISSCHOP	Véronique	INRA
DECK	Alexis	Fac verte
DELARBRE	Thierry	Pôle de compétitivité Ville et mobilité durables
DELAY	Bernard	CNRS
DEMARCO	François	BRGM
DEPERROIS	Hervé	CIRAD
DES-MAZERY	Sophie	Crédit Coopératif
DESMET	Marc	Institut National de Recherche Pédagogique
DILLON	James	ECE (Ecole Centrale d'Electronique)
DURANDEAU-SIKORA	Marie José	Hôpital A Trousseau
EDDI	Michel	INRA
EHRSAM	Denis	CPU
EYMARD	Jacqueline	ANDRA
FINANCE	Jean-Pierre	CPU
FREYSSINET	Philippe	ANR
GALEY	Bertrand-Pierre	MNHN
GAUTHERIN	Guy	Ecole Spéciale des Travaux Publics:Paris et Cachan
GEIGER	Didier	IUFM Créteil
GERMAIN	Olivier	Ecole de Management de Normandie
GODET	Françoise	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
GOSSART	Cédric	Institut TELECOM
GUILLOU	Marion	INRA
GURAU	Calin	GSCM – Montpellier Business School
HAHNE	Günther	IRD
HERPIN	Patrick	INRA
HUDSON	Sarah	ESC Rennes School of Business
ISOARD	Gilbert	Polytech
JACQUIN	Gérard	INRA
JOLY	Pierre-Benoît	INRA
JORAS	Michel	CHEE&DD

## Liste des participants

KHAN	Dohina	REFEDD
KING	Dominique	INRA
LABORNE	Hervé	ESME-Sudria
LAFLECHE	Vincent	INERIS
LANÇON	Didier	Ecole d'ingénieurs généraliste
LANDRY	Johanne	MNHN
LAVARDE	Françoise	MAP/DGER/SDRIC
LE PROVOT	Alain	Mairie de Rueil-Malmaison
LEBRUN	Séverine	ESSEC
LEGRAND	Patrick	INRA
LEMOULT	Bernard	Ecole des Mines de Nantes
LUSSAULT	Michel	Université François-Rabelais de Tours
MAHLER	Robert	Alstom
MARGARIA	Christian	CGE
MARIN	Cornélia	Université de Technologie de COMPIEGNE
MATARASSO	Pierre	CNRS
MATLOSZ	Michael	ENSIC Nancy
MOUREL	Rose Marie	AgroParisTech
PENEL	Michel	Cemagref
PERRAUT	Patrick	Université d'Angers
PERSICO	Simon	Fac verte
PIRONNEAU	Gérard	Ecole Centrale de Nantes
POCHAT	Rémi	LCPC
PROUST	Chantal	ISTO
RAOUL	Emmanuel	MEEDDAT
REVEL	Martine	ENSGSI CERAPS
RICHARD	Véronique	CELSA - Université Paris-Sorbonne
RIGAULT	Stéphane	Université d'Angers
RINGLER-MARY	Brigitte	Groupe HEC
ROSTAIN	Monique	MEEDDAT
ROUSTAN	Gaël	Fac verte- l'écologie universitaire
SCHMUTZ	Damien	Enstib
SERRIS	Jacques	IFREMER
TUTENUIT	Claire	Entreprises pour l'environnement
VALLA	Pierre	MEEDDAT / SG / DRSAT
VAUSELLE	Jérôme	Institut TELECOM
VERLON	Bruno	Ecole des mines d'Albi
VESSERON	Philippe	BRGM
VIENNOT	Jean	ENSTIB
WATENBERG	Patricia	INRA



## Liste des 80 propositions du comité et correspondance avec les engagements du Grenelle de l'Environnement

### « agriculture, milieux, eaux et biodiversité »

#### **1) Améliorer le recueil et l'analyse des données environnementales, renforcer les performances des outils de modélisation pour toutes les composantes du développement durable.**

##### **Engagements Grenelle n° 72, 73, 79, 82**

Les orientations et les choix technologiques doivent dorénavant s'appuyer sur des démarches comparatives qui prennent simultanément en considération, sur des pas de temps long, leurs conséquences environnementales, économiques et sociales.

Il convient ainsi d'affiner et d'utiliser plus systématiquement les écobilans avant de s'engager dans des filières technologiques, situation illustrée récemment par le débat sur les biocarburants de première et de seconde génération.

De façon plus générale, les outils de modélisation économique doivent être améliorés pour alimenter les réflexions prospectives de notre société, notamment en les adaptant aux différentes échelles des espaces naturels et anthropisés et en insistant sur l'internalisation des coûts environnementaux,.

L'informatique et particulièrement la bioinformatique, l'économie du développement et les sciences politiques sont particulièrement concernées par ces sujets pour lesquels elles doivent rechercher des collaborations étroites.

#### **2) Renforcer la recherche liée à l'adaptation de l'agriculture, de la sylviculture et aquaculture aux changements climatiques.**

##### **Engagements Grenelle n° 71, 115, 116, 119**

Si l'existence d'un changement climatique est maintenant solidement établie, il est nécessaire d'en apprécier les conséquences locales en termes de température, de régimes de précipitation ou de fréquence des événements extrêmes. Ces données seront progressivement affinées par les physiciens du climat, mais il convient d'étudier leur incidence sur le vivant et particulièrement sur la richesse de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes.

Des conséquences importantes sont attendues sur les performances des activités agricoles, sylvicoles et aquacoles (rendement, qualité nutritionnelle) voire sur leur persistance, si certaines espèces sauvages ou cultivées ne peuvent pas s'adapter à ces modifications climatiques (stress hydrique, température) ou à leurs conséquences sanitaires (maladies émergentes, épidémies, pestes végétales, ...). Il convient donc de préciser rapidement pour toutes ces activités et à toutes les échelles, des sols aux territoires, les conséquences du changement climatique et de préparer leur adaptation.

#### **3) Approfondir les recherches en chimie de l'environnement et en toxicologie-écotoxicologie.**

##### **Engagements Grenelle n° 86, 92, 98, 99, 103, 105**

De nombreux produits chimiques se retrouvent dans l'environnement notamment à l'état de traces. Si les effets immédiats de chacun de ces produits à des doses importantes sont relativement bien connus et documentés grâce aux études conduites pour élaborer leurs dossiers d'autorisation de mise sur le marché, leurs effets à faibles doses, combinés et chroniques sur l'environnement et sur la santé humaine demandent à être précisés.

Il convient en premier lieu de soutenir la chimie de l'environnement et notamment d'améliorer les techniques d'analyses pour étudier la dynamique de ces polluants et particulièrement leur spéciation, dans les écosystèmes naturels et anthropisés (surfaces agricoles, espaces urbains).

Il est ensuite important de caractériser les effets de ces polluants sur l'environnement en renforçant l'ensemble de nos capacités en écotoxicologie. La progression de nos connaissances en éco-épidémiologie, l'identification de marqueurs d'exposition simple ou combinée, des mécanismes de réponse tissulaires cellulaires et moléculaires alimentera l'élaboration de modèles et contribuera à l'émergence d'une écotoxicologie prédictive.

Le développement de l'écotoxicologie s'enrichira de celui de la toxicologie, notamment sur les aspects mécanistiques, et du résultat des études épidémiologiques menées sur de grandes cohortes.

#### **4) Développer l'ingénierie écologique sur la base des connaissances de fonctionnement des agro-écosystèmes.**

##### **Engagements Grenelle n° 77, 85, 88, 97**

De nombreux facteurs, notamment liés à l'activité humaine, peuvent interférer avec le fonctionnement des écosystèmes mais avec des effets variables selon leurs capacités propres d'adaptation (résilience).

Le développement des connaissances en écologie permet d'envisager le développement d'une ingénierie dédiée qui s'appliquerait notamment aux problèmes complexes de la préservation et de la restauration de la biodiversité, de la gestion des cycles de l'eau, de la mise en place d'une agriculture « écologiquement productive » ou du maintien des paysages.

Ancrée dans l'écologie, dont il conviendra de renforcer de façon adaptée l'enseignement, cette ingénierie écologique devra s'appuyer sur le développement de capteurs intelligents mis en réseaux pour l'étude et la surveillance de l'environnement (chimique, physique, biologique), sur des modèles (fonctionnement des écosystèmes, modélisation dynamique des polluants) et enfin sur la définition d'indicateurs.

Des besoins importants ont d'ores et déjà été identifiés en hydrologie en utilisant les fonctionnalités des systèmes naturels (recharge de nappes, etc.) ainsi qu'en écologie fonctionnelle des sols, mais n'y sont pas limités. Les applications de cette discipline seront étroitement liées à notre compréhension du fonctionnement des écosystèmes et à l'identification des services qu'ils rendent.

#### **5) Poursuivre les travaux sur l'amélioration génétique dans toutes ses composantes.**

##### **Engagements Grenelle n° 132, 133, 134, 135**

L'ensemble des parties prenantes sur le dossier des OGM demandent une poursuite des recherches dans le domaine en apportant un soin particulier à l'identification et à la maîtrise des risques. L'expertise sur les OGM doit être renforcée, notamment pour répondre aux demandes des pays en voie de développement qui utilisent largement les OGM de première génération, et pour préparer l'examen des générations suivantes dont les avantages environnementaux pourraient être plus marqués, particulièrement en matière d'adaptation au changement climatique (résistance au stress hydrique, moindres besoins en azote, qualité alimentaire améliorée). Cette expertise devra être largement partagée et la possibilité de réunir les différentes parties prenantes au sein de comités de programme doit être plus systématiquement envisagée sur ces sujets.

Plus généralement, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les liens existants entre gène et fonction. Cette recherche fondamentale en génomique est indispensable à la compréhension des mécanismes d'adaptation des espèces. Elle est rapidement transposée aux processus de sélection végétale (sélection variétale des semences), animale et microbienne qui conditionnent, avec la conservation des ressources génétiques qu'il convient de soutenir par ailleurs, les capacités de notre société à garder son dynamisme économique (agriculture – industrie agro-alimentaire) et à répondre aux enjeux du changement climatique.

#### **6) Mieux caractériser les pratiques agricoles pour en améliorer en retour les conditions de durabilité.**

##### **Engagements Grenelle n° 122, 123, 124**

#### **7) Favoriser le développement des agricultures à haute valeur environnementale, et notamment de l'agriculture biologique.**

##### **Engagements Grenelle n° 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131**

La réduction de l'impact de l'agriculture sur l'environnement nécessite des mesures d'accompagnement adaptées. La promotion de nouvelles pratiques agricoles tels que les itinéraires à bas niveaux d'intrants (fertilisants, eau, etc.), les cultures à faible impact (lupin, ...), la restauration des sols, doit pouvoir s'appuyer sur des bilans écologiques très larges. L'utilisation des ressources en eau, la séquestration du carbone dans les sols (cultures annuelles et pluriannuelles, sylviculture), la résistance aux maladies, sur lesquelles il convient de renforcer les connaissances, doivent être ainsi envisagées simultanément et à des échelles géographiques appropriées.

Les secteurs très innovants et prometteurs que constituent notamment la culture des algues, la production de ressources végétales dédiées à la chimie (chimie verte) seront encouragés en intégrant très en amont la prise en compte de leur impact environnemental.

### **8) Développer/optimiser les technologies du sol et de l'eau pour en augmenter les performances et en réduire les impacts environnementaux.**

#### **Engagements Grenelle n° 106, 110**

Il est dorénavant indispensable d'arriver à une parfaite maîtrise de sols et de l'eau tant dans les espaces agricoles que dans les espaces urbains et périurbains.

Les technologies de traitement de l'eau (purification, alimentation des nappes phréatiques, dessalement), de remédiation des sols (réhabilitation totale ou partielle selon les destinations), nécessitent pour se développer un approfondissement des connaissances sur les phénomènes biologiques, physiques ou chimiques qu'ils utilisent.

### **9) Renforcer l'étude et la préservation de la biodiversité, y compris la biodiversité des sols, et des services qui y sont associés.**

#### **Engagements Grenelle n° 74, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 87, 96, 112, 113, 114**

La biodiversité doit être analysée à toutes les échelles, de l'espèce à l'écosystème, du sol au territoire, pour en apprécier la richesse et surtout mieux appréhender son fonctionnement. L'observation naturaliste doit conduire à la préservation de la biodiversité et des services qui y sont liés. Les efforts devront être soutenus du recueil de données, qui nécessite une amélioration des procédures et un maintien des compétences, jusqu'à l'analyse qui doit pouvoir bénéficier des progrès de l'informatisation et de la modélisation des systèmes complexes.

## **« santé et environnement »**

10) Mettre en réseau l'ensemble des acteurs de la recherche sur les mécanismes de toxicité tout en assurant l'émergence d'une taille critique de niveau international (Bilan de l'existant, plan de renforcement.) Aborder les polluants émergents, développer les liens avec la clinique, l'épidémiologie et la chimie analytique. Développer les compétences en modélisation des mécanismes de toxicité et les alternatives à l'expérimentation animale, tant à partir des nouveaux outils génomiques et post génomiques que des modélisations cellulaires et systémiques.

#### **Engagement Grenelle n° 137**

11) Rendre accessible l'ensemble des informations environnementales et coupler observations et recherche et écotoxicologie. Développer les plate-formes techniques ouvertes de type mésocosme ou animalerie à condition de mettre en place la masse critique de recherche autour de chaque équipement. Etablir des liens étroits entre la toxicologie, l'écologie fonctionnelle, l'ingénierie écologique, la métrologie associée et l'épidémiologie. Créer un pôle national couplant la toxicologie et l'écotoxicologie et lui donner une dimension internationale. A cet égard le pôle proposé en sud-Picardie contribuerait efficacement au développement de la toxicologie et de l'écotoxicologie dans le cadre du Grenelle...Améliorer l'alerte et renforcer la surveillance sanitaire des populations et coupler cela avec l'analyse des expositions et la biosurveillance.

#### **Engagements Grenelle n° 138, 151, 152, 160**

12) Il faut augmenter et réorienter les moyens de façon à développer la recherche dans le champ santé-environnement et établir des liens étroits avec la santé-travail et l'expertise. Il convient de regrouper les équipes dans un nombre limité de pôles fonctionnant en réseau. Ces pôles auraient une vocation nationale et seraient non redondants : pôles nationaux en région. Ces pôles devront être sélectionnés en tenant compte le plus possible des structures existantes comme les structures de recherche régionale labélisées ou les pôles de compétitivité. Le financement des capacités de recherche doit être concentré sur un nombre limité de centres de compétence. Il conviendra également de prendre en compte l'implication dans les projets européens pour l'évaluation des pôles. Favoriser des partenariats public-privé via la création de fondations tout en respectant l'impartialité de la recherche. Sur un plan plus général, la valorisation de la recherche publique pourrait être mieux organisée afin d'améliorer son efficacité, sa sécurité et favoriser la valorisation des travaux de recherche en direction de l'industrie (création de « start-up » de biotechnologie...) Garantir l'impartialité de l'expertise par le respect de la norme NFX 50-110 qui est conforme aux pratiques internationales.

#### **Engagement Grenelle n° 142**

13) Créer des formations pluridisciplinaires santé-travail-environnement-toxicologie dans l'enseignement supérieur. Les compétences à développer concernent la chimie analytique, la chimie de l'environnement, la modélisation du lien entre la structure des molécules et leur effet biologique, la toxicocinétique, les capteurs physiques, chimiques ou biologiques, toxicologie et évaluation des risques, modélisation cellulaire, biologie systémique, perturbateurs endocriniens, nanotechnologies, l'épidémiologie, les maladies vectorielles... Ces formations doivent concerner de façon équilibrée plusieurs niveaux : techniciens supérieurs spécialisés, ingénieurs capables d'intégrer les connaissances, médecins, pharmaciens et chercheurs spécialistes. Lier les pôles de compétence avec les chaires thématiques de l'enseignement supérieur et renforcer le lien avec les médecins de santé publique et santé-travail des CHU dans une logique de prévention. Les formations devront être construites de façon à être bien adaptées aux besoins nouveaux dans le champ et permettre la croissance forte des pôles.

**Engagement Grenelle n° 142**

14) Développer des recherches sur les thèmes émergents : nanoparticules et nanotechnologies, maladies infectieuses vectorielles, risques sanitaires liés aux conséquences du changement climatique, radiofréquences... Ces recherches devront s'appuyer notamment sur l'observation sanitaire y compris dans les DOM-TOM à l'instar du Center for disease control d'Atlanta (USA.) Ces sujets, notamment les nanotechnologies, impliquent des efforts de recherche pluridisciplinaires associant des physico-chimistes, des biologistes et des sciences humaines et sociales. Une collaboration des équipes françaises avec les autres équipes européennes devrait être recherchée sur ces thèmes à chaque fois que nécessaire.

**Engagements Grenelle n° 150, 159, 161**

15) Développer les outils de connaissance des sols intégrant les connaissances sur l'écotoxicité des sols et leur impact sanitaire, les outils de remédiation et d'analyse de la relation coût-efficacité de la dépollution. Les recherches doivent déboucher vers la normalisation européenne et internationale des méthodes. Il conviendra également de prendre en compte les caractéristiques particulières des territoires d'outre-mer et de proposer des mesures adaptées.

16) Afin de réduire les risques sanitaires créés par les déchets, créer des capacités de recherche publique en ACV et en éco-conception en France. Il s'agit notamment de développer des travaux de recherche sur la méthodologie des ACV en y intégrant des évaluations de risques géo-référencées. Il convient également de créer les formations supérieures idoines. La création de compétences pourrait avoir une dimension éco-conception qui intègre l'ACV dès le départ dans une conception des produits qui tient compte de l'ensemble de leur cycle de vie. Des recherches publiques et privées ouvriraient ainsi à une valorisation industrielle.

**Engagements Grenelle n° 261, 262, 264, 265**

## « ville, urbanisme et habitat »

### *Environnement et développement durable de la ville*

**Engagement Grenelle n° 50**

#### **Modélisation, bases de données, métrologie**

17) Fédérer des équipes autour du thème de la modélisation environnementale de la ville, c'est à dire de la simulation du fonctionnement des zones urbaines à plusieurs échelles, en interaction avec les évolutions globales.

18) Développer des systèmes d'observation urbaine interdisciplinaires, permettant de fédérer les efforts, de capitaliser les données et de favoriser les échanges et donc les collaborations. Les moyens modernes (exemple : géolocalisation) devraient permettre de renouveler les processus de collecte de données, une fois mise en place des solutions compatibles avec le respect de la vie privée, à l'instar de ce qui est fait dans le domaine de la santé.

#### **Evaluation des politiques publiques**

19) Développer la modélisation comme outil d'aide à la concertation et à la décision, et comme outil d'évaluation des politiques publiques, par exemple pour mettre en regard les objectifs énoncés dans les politiques d'aménagement urbain et les résultats observés en terme de mobilité, d'accès aux services, de coût du foncier, de zones naturelles protégées affectées par l'urbanisme, ou encore

pour minimiser les nuisances sonores en influant sur l'évolution des motorisations et des modes de transport.

20) Favoriser l'élaboration de scénarios de l'évolution des systèmes urbains par des travaux multidisciplinaires intégrant toutes les dimensions de l'évolution urbaine, afin d'étudier les effets sur les comportements des variations des prix (immobilier, énergie), les effets des infrastructures de transport (routes, métros, tramways, sites propres bus), les interactions du milieu urbain avec les éléments naturels (eau, air, sol...) et afin d'évaluer les impacts de projets urbains ou de modes de gestion de systèmes urbains et de contribuer à la recherche de l'optimum énergétique d'une structuration urbaine en prenant en compte tant l'habitat que les activités professionnelles et de loisirs avec les déplacements associés.

#### **Implication des collectivités territoriales**

21) Ouvrir les moyens juridiques pour permettre aux collectivités territoriales d'être pleinement partenaires d'actions de recherche ou d'innovation, et d'acheter des produits innovants dans leur phase de maturation, produits issus de la recherche partenariale, y compris avec la possibilité d'achats groupés.

22) Mieux associer les collectivités locales aux séminaires de présentation des résultats de recherche portant sur leur domaine de compétence.

#### **Structuration des équipes de recherche**

23) Donner un coup d'accélérateur à la structuration en France d'un réseau coopératif de trois pôles de compétence de dimension internationale et centrés sur les problèmes de la ville et de son environnement, en y faisant émerger une culture du pluridisciplinaire :

- le pôle de Marne la Vallée, qui se structure autour du PRES Paris-Est, du pôle de compétitivité « Advancity », du pôle scientifique et technique francilien du MEEDDAT. C'est au sein de ce pôle que pourraient se regrouper et se structurer une action majeure sur le thème « modélisation, bases de données, métrologie ».
- le pôle lyonnais, qui se structure autour du PRES Université de Lyon, du pôle de compétitivité LUTB-2015, du pôle scientifique et technique lyonnais du MEEDDAT et qui dispose d'un tissu industriel diversifié (éclairage, automatismes, ...). L'agglomération lyonnaise présente aujourd'hui toutes les caractéristiques nécessaires pour être l'un des principaux terrains d'expérimentation en France du concept de ville durable.
- le pôle nantais, qui se structure autour du pôle de compétitivité Génie civil ouest, et de la fédération de rechercheIRSTV (Institut de recherche en sciences et techniques de la ville)

### **Bâtiments**

#### **Engagement Grenelle n° 12**

##### **La conception des bâtiments**

24) Réinventer une architecture bioclimatique de masse permettant de bénéficier des apports caloriques du soleil en saison froide, et d'éviter les problèmes de confort liés à la surexposition en saison chaude (écrans adaptés, utilisation de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir les bâtiments, climatisation solaire par adsorption).

25) Développer une chaîne logicielle complète de modélisation d'un bâtiment vis-à-vis de paramètres physiques variés pour permettre des avancées en matière de recherche sur l'intégration des différentes solutions technologiques et la prévision des performances correspondantes.

##### **L'enveloppe du bâtiment**

26) A court terme, améliorer l'efficacité énergétique et diminuer les coûts des composants de l'enveloppe, en maîtrisant la ventilation et en développant la super isolation en couche mince pour les bâtiments existants, les solutions d'isolation extérieure, le traitement des ponts thermiques, le couplage isolation / inertie thermique.

27) Pour le moyen terme, développer des enveloppes « intelligentes » prenant en compte directement ou par anticipation les besoins de l'utilisateur et les milieux environnants, en intégrant des isolants adaptatifs, des matériaux à changement de phase, des vitrages actifs.

28) Pour le plus long terme, travailler sur des matériaux possédant de nouvelles caractéristiques thermiques et mécaniques, tels que les matériaux organiques et composites, et les nanomatériaux.

### **Les systèmes énergétiques**

29) Développer à court et moyen terme des systèmes de ventilation intégrant les avancées en matière de double flux, de gestion pièce par pièce et d'hybridation, et les faire évoluer vers des équipements de gestion de l'air incluant des détecteurs variés (polluants, fumées, présence) afin de moduler les débits et de préchauffer ou rafraîchir l'air entrant.

30) Développer l'intégration des énergies renouvelables pour répondre aux besoins énergétiques des bâtiments à énergie positive.

31) Développer les dispositifs de contrôle-commande pour gérer les équipements de façon modulable en fonction des usages, des comportements des usagers et des saisons tout en ayant les interfaces adaptées pour la responsabilisation de l'utilisateur.

32) Favoriser l'émergence et le déploiement de produits, composants et équipements sobres en énergie avec une attention particulière à porter sur l'éclairage.

### **Les questions transversales**

33) Elaborer des solutions diversifiées mais standardisées, adaptées à la forte hétérogénéité du parc de bâtiments existants pour pouvoir proposer un ensemble de solutions globales de réhabilitation thermiques valables sur des sous ensembles homogènes de bâtiments (« package » haussmannien, « package » établissement scolaire, « package » immeuble d'habitat collectif).

34) Trouver les solutions d'ingénierie financière pour améliorer la capacité des ménages, des acteurs privés et de la puissance publique à financer le surcoût d'investissement requis pour l'amélioration des performances thermiques tant en réhabilitation des bâtiments existants qu'en construction de bâtiments neufs.

35) Préparer, par les sciences sociales, l'apparition de nouvelles formes d'architecture en rupture avec celle des bâtiments classiques, mais aptes à préserver l'attractivité touristique du patrimoine bâti.

36) Construire un lien fort entre recherche et formation pour permettre l'appropriation rapide des nouvelles solutions de construction et de réhabilitation par les formateurs et les professionnels

## **« énergie, économie d'énergie et de matières premières »**

### **Energie renouvelable**

#### **Engagement Grenelle n° 60**

#### **37) Solaire thermique (court terme - rester présent)**

Il est nécessaire d'améliorer les dispositifs existant dans deux directions : l'abaissement du coût et le développement de systèmes combinés chauffe-eau/chauffage.

La gestion globale des systèmes de chauffages couplés avec d'autres sources énergétiques est un élément clé du développement de ces technologies. En faisant appel aux NTIC, on devrait pouvoir grandement faciliter ces utilisations couplées optimisant ainsi le recours à des sources énergétiques diversifiées. Il faudra cependant s'assurer de l'aval industriel PMI/PME et des grands groupes. Sur un plus long terme il y a un intérêt à réfléchir au stockage inter saisonnier.

2) Solaire à concentration pour produire de l'électricité (*ne pas négliger*)

Ces technologies se développeront dans des pays bénéficiant à la fois d'un fort ensoleillement et de surfaces au sol accessibles. C'est donc, pour la France, des marchés potentiels à l'export qui peuvent se développer. La France possède des entreprises pouvant proposer des éléments technologiques (miroirs, tubes...) et des compétences, c'est un domaine à ne pas négliger.

#### **38) Solaire Photovoltaïque (à développer court et long terme, prioritaire)**

Nous avons relevés des enjeux multiples qui correspondent à la multiplicité des technologies prometteuses qui se développent. Les jeux technologiques ne sont pas faits et c'est le domaine par excellence où la recherche peut conduire à des ruptures technologiques qui changeront la donne.

Sur les technologies du silicium cristallin et semi-cristallin qui dominent actuellement et continueront à se développer pendant encore un certain temps, l'effort doit porter sur l'ensemble de la chaîne. L'enjeu essentiel est la baisse de coût du produit final en travaillant à la fois sur des technologies plus performantes sur chaque maillon de la chaîne et sur leur intégration dans un

processus industriel global, mais aussi sur la fourniture d'un silicium spécifique à un coût plus bas. En cela le programme sur l'utilisation de silicium métallurgique présente un grand intérêt. Il faudra veiller à ce qu'une industrie à la hauteur des enjeux de cette filière se développe en bénéficiant des retombées directes de la R&D.

L'émergence de technologies de couches minces (silicium amorphe, CIGC, CdTE...) est certainement le début d'une rupture technologique qui devrait permettre au solaire photovoltaïque de continuer à gagner en compétitivité. En France les conditions existent pour l'établissement d'une filière industrielle (Saint-Gobain, EDF EN...). La compétence technique de nos laboratoires est établie. C'est l'un des domaines où les jeux ne sont pas faits et des possibilités (en particulier pour des acteurs intermédiaires de type PMI) existent. Des cellules à haut rendement basées sur des technologies multi-jonctions ont un potentiel intéressant dans le futur (Photowatt). L'apparition de nouveaux matériaux basés sur les nanotechnologies ou les polymères organiques méritent aussi d'être explorés. Entre le foisonnement des technologies nouvelles et les besoins du marché, l'Etat se doit d'aider à l'émergence de ce qui sera, sans nul doute à long terme, une des technologies majeures de production d'électricité. Les coûts doivent diminuer sur l'ensemble de la chaîne industrielle allant des cellules au module à l'intégration dans les bâtiments en tenant compte de la pose. La structuration d'une filière allant de la production de modules à la pose est indispensable. Ce dernier point a été abordé dans la sous-commission habitat.

### **39) Biomasse 2e génération (*à développer, prioritaire*)**

Si l'énergie issue de la biomasse de première génération est contestable d'un point de vue écologique celle de deuxième génération présente un intérêt certain. Deux voies principales sont envisageables pour produire des éléments énergétiques : la voie chimique (appelée quelque fois thermochimique) et la voie enzymatique ou biologique. Il existe plusieurs projets regroupant des industriels et des laboratoires publics qu'il faut soutenir. Un rapport sur la question existe et nous n'avons pas élaboré de scénarios sortant de ce rapport. Notons cependant qu'il faudra là aussi développer des recherches sur l'ensemble de la filière industrielle potentielle et en particulier sur la mobilisation de la ressource.

### **Engagement Grenelle n° 59**

### **40) Eolien (*techno mature, pas d'industriels en France*)**

Se limiter aux projets touchant des fermes Eoliennes si une innovation perceptible est proposée.

### **41) Géothermie (*rester présent*)**

La géothermie reste une technologie accessible où des progrès sont encore possibles. En particulier dans le cas de la géothermie décentralisée où les pompes à chaleur sont encore loin de leur optimum. Il faut noter qu'un progrès sur les pompes à chaleur (amélioration du COR, baisse de coût) aurait un impact rapidement très positif dans le domaine de l'habitat ancien.

Dans le cas de la géothermie centralisée à basse température les réseaux de chaleur peuvent être encore exploités. A l'exception des DOM, le groupe de travail considère que la géothermie à haute température a une exploitation limitée.

### **42) Energies marines (*être présent*)**

Il existe une opportunité de soutenir quelques projets locaux mais notre recommandation est de participer autant que possible aux coopérations internationales pour faire les preuves de concepts nécessaires (bonnes compétences de nos industriels à l'off-shore).

### **43) Le bois (*mature*)**

Si la production industrielle peut être considérée comme mature (avec un intérêt principalement pour les systèmes à postcombustion), il nous semble qu'il faut s'intéresser en priorité aux impacts sanitaires en particuliers sur les productions localisées. Des études récentes montrent un risque d'émission de micro-particules ainsi que le relargage des métaux lourds stockés dans le bois.

### **Pile à combustible**

44) Le développement potentiel de système pile à combustibles à oxydes solides (SOFC) fonctionnant au gaz pour des applications dans le domaine de l'habitat nous semble devoir être soutenu dans un cadre d'amélioration de la production électrique permettant aussi de récupérer la chaleur (cogénération).

Les travaux doivent aussi porter sur les développements pour les autres premiers marchés, notamment de niches, accessibles d'ici 2015 pour le couple PAC et hydrogène : groupes de secours, applications portables, transports lourds ou publics.

Les PEMFC sont privilégiées pour les applications aux transports. Les recherches doivent être maintenues pour conserver notre bon positionnement international et disposer d'avantages compétitifs lorsque le marché des PAC pour les transports émergera.

Enfin, les micro-piles à combustibles pour applications nomades (téléphones portables, ordinateurs, PDA, caméscopes...), grâce à des technologies de couches minces constituent une priorité de marché à très court terme prouvant la faisabilité technologique des PAC et favorisant leur acceptabilité auprès du grand public.

### **Energie Nucléaire et énergie fossiles**

#### **Engagement Grenelle n° 62**

45) Concernant les technologies actuelles, l'idée générale est que la recherche doit être menée par les entreprises qui proposent des technologies et que l'Etat doit soutenir leur compétitivité.

Dans le domaine nucléaire, deux axes prioritaires au soutien public ont été relevés : le prolongement de la durée de vie des réacteurs et les différents axes de recherche sur la gestion durable des matières et déchets radioactifs<sup>1</sup>.

D'un point de vue plus long terme les technologies de quatrième génération doivent continuer à bénéficier d'un soutien public.

46) Dans le domaine des énergies fossiles, des axes prioritaires au soutien public concernent l'amélioration de l'efficacité énergétique, la production de produits propres et l'amélioration des taux de récupération des énergies fossiles pour accroître les réserves et la production.

47) Une des applications annexe de l'énergie nucléaire pourrait être la production d'hydrogène par l'électrolyse haute température (EHT). Cette technologie, très innovante, mérite d'être explorée avec un soutien de la part de l'état. Plus généralement, on peut assister à long terme à une synergie entre énergie nucléaire et énergie fossile. La disponibilité d'énergie bon marché sous forme de chaleur, d'électricité, d'hydrogène, grâce au nucléaire, peut contribuer à revoir les technologies de production et de transformation d'énergie fossile. Cette perspective à long terme peut représenter un enjeu stratégique majeur pour nos entreprises de par leur maîtrise technologique dans les domaines des énergies nucléaires et fossiles.

48) Il est ressorti de nos discussions un très fort besoin de formation qui, si rien n'est fait, ne permettra pas de développer les compétences nécessaires au développement des marchés basés sur ces technologies tant nucléaires que fossiles.

**Gestion de l'énergie** : réseaux électriques, composants électroniques de puissance (*La France bien placée, prioritaire*)

49) Les cibles principales nous semblent être : le bâtiment intelligent, le couplage des énergies renouvelables au réseau et le transport. On notera en particulier des progrès à faire dans le domaine des composants de puissance et de la gestion des systèmes. Nous proposons la création d'une plateforme de démonstration avec une centralisation de la recherche.

**Stockage de l'énergie : Batteries (prioritaire)**

50) Dans le domaine du stockage de l'énergie, outre l'hydraulique, il existe une vraie compétence en France sur les batteries, mais une filière industrielle faible. Nous pensons que des industriels utilisateurs de batterie pourraient s'impliquer fortement dans la définition de systèmes à utiliser même si la réalisation pourrait se trouver en Asie. Ces systèmes sont clés dans le développement et la généralisation de certaines technologies (habitat, transport) et peuvent permettre de développer un avantage concurrentiel. Nous préconisons la création d'une plateforme technologique s'appuyant sur une filière industrielle conception/partenaire aval. Les autres technologies de stockage de l'énergie nous semblent moins prioritaire (chaleur, air comprimé, mécanique...) ou à plus long terme (hydrogène).

**Captage et stockage du CO2**

51) La France ne peut pas être absente du développement des technologies de captage et de stockage géologique du CO2. Si les applications en France seront limitées, c'est un marché potentiel à l'export où les entreprises Françaises peuvent avoir un rôle non négligeable à jouer. Il

---

<sup>1</sup> Loi n° 2006.739 du 28 juin 2006 qui a remplacé la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991

s'agit avant tout de développer à travers des démonstrateurs l'ensemble des technologies nécessaires, en particulier pour le stockage dans les aquifères.

### **Engagement Grenelle n° 62**

#### **Sciences humaines et sociales**

52) Le développement de nouvelles options énergétiques ne saurait s'effectuer sans une articulation étroite avec leur insertion dans l'univers social. Cela suppose une recherche socio-économique sur l'énergie à même d'éclairer les enjeux des politiques énergétique et de recherche. Cela implique également que la conception même des technologies s'effectue avec le souci de prendre en compte l'environnement dans lequel elles devront se déployer et le comportement des consommateurs qui décideront ou non, d'adopter les innovations proposées.

## **« transports et mobilité »**

### **Transport routier**

#### **Engagements Grenelle n° 15, 16, 17, 18, 19**

53) Au plan des technologies, il s'agira de préparer les progrès encore possibles sur le moteur à combustion interne (efficacité, dépollution, adaptation aux carburants alternatifs) et d'accompagner vigoureusement le développement des motorisations hybrides et électriques (stockage et gestion de l'énergie électrique, optimisation des chaînes de traction). On peut noter que l'évolution des motorisations thermiques vers des cylindrées plus faibles et un recours accru à la suralimentation qui s'effectue pour des objectifs de gains en rendement (réduction perte par frottement, perte par pompage sur les moteurs essence, allègement du GMP) et d'encombrement sous capot à la bonne idée d'être « en phase » avec les besoins de motorisations thermiques réduites pour le cas des véhicules hybrides. En retour, l'apport de l'hybridation (c'est même sa raison d'être) permet de placer plus facilement le moteur thermique dans une plage de fonctionnement efficace : ceci est un apport par exemple pour des combustions avancées ou pour le fonctionnement de systèmes de dépollution.

La réduction des coûts de ces différents développements sera un objectif majeur pour la recherche, afin que les progrès puissent concerner des gammes aussi larges que possible de véhicules.

L'hybridation concernera non seulement Véhicules Particuliers et Véhicules Utilitaires Légers mais également les Poids Lourds (12 à 19t) utilisés pour la distribution en agglomération, les bus et bennes à ordures ménagères.

Les différents sujets de recherche sont les suivants :

- les batteries et super condensateurs en visant l'accroissement de l'autonomie mais aussi la fiabilité, la réduction des coûts, la durabilité ;
- la conception de véhicules spécifiquement électriques permettant l'optimisation des différentes fonctionnalités (stockage, motorisation...), les auxiliaires (par exemple chauffage et climatisation de l'habitacle), l'éventuelle interchangeabilité des batteries... ;
- les concepts de motorisation électrique en rupture (moteur-roue)
- les composants électroniques de puissance et ceux des chaînes de traction hybrides et électriques, notamment pour permettre d'optimiser des options d'hybridation de plus en plus complètes ;
- La conception et la démonstration de véhicules spécifiquement urbains électriques tant pour les véhicules particuliers que pour les véhicules utilitaires légers.

54) La période 2008 – 2012, sur laquelle se déploiera cet effort de R&D, sera également l'occasion d'intensifier les investigations sur les interactions entre la nature des véhicules de demain (véhicule hybrides, électriques, véhicules urbains) et l'organisation du système de transport, au sein d'un même mode et entre les différents modes (développement de voies dédiés, tarification différenciée des infrastructures...). Les recherches sur l'émergence potentielle de nouveaux services associés avec ces nouvelles technologies (petits véhicules urbains en propriété partagée, interopérabilité avec les transports en commun, concept de ville et mobilité durable ...) devra être prise en compte ainsi que les outils pour un usage optimal des véhicules (aide à la conduite, information temps réel, gestion de l'énergie).

55) Dans le même ordre d'idées, l'émergence de technologies de véhicules spécifiques comme l'hybride rechargeable (« Hybride plug-in ») est une opportunité pour les acteurs en charge de l'organisation des transports (collectivités, autorité organisatrice de transport urbain) et/ou des acteurs économiques : stationnement spécifique avec borne de recharge sur des parkings relais, en entreprise pour les salariés. Ceci doit permettre de soutenir des politiques incitatives pour des modes de transports plus vertueux.

56) La situation qui prévaut au printemps 2008 montre que les acteurs du domaine de l'automobile sont à un carrefour très lourd de conséquences au regard des enjeux du changement climatique : alors que jusqu'à présent les options stratégiques des constructeurs automobiles français ne prenaient pas encore leur juste dimension les implications de la lutte contre le changement climatique et privilégiaient la seule optimisation des véhicules et motorisations classiques (avec l'argument recevable des progrès déjà réalisés et attendus sur le diesel), des options radicales sont maintenant clairement identifiées par l'ensemble des acteurs. Les constructeurs et les équipementiers semblent prêts à développer, à des fins commerciales, de nouveaux véhicules avec des technologies en rupture. Cette nouvelle donne constitue une grande opportunité pour l'avenir de notre outil industriel et les emplois associés. Il est nécessaire que les pouvoirs publics accompagnent cette évolution non seulement au niveau du soutien public aux recherches industrielles mais également au niveau de la démonstration et de l'expérimentation de ces technologies de rupture. L'objectif est que ces options de R&D se traduisent en options stratégiques.

57) Au-delà du soutien à la recherche industrielle il conviendra de promouvoir la structuration des pôles de compétitivité et la création de plateformes dédiées à ces technologies.

58) La mise en place du fonds démonstrateurs devrait permettre ainsi d'apporter un soutien spécifique à la réalisation de prototypes de véhicules électriques urbains (véhicules légers et petits utilitaires) et de véhicules hybrides mettant en œuvre de nouveaux concepts de chaînes de motorisation. Leur expérimentation en site réel, notamment dans des collectivités locales volontaires est une étape incontournable de la transformation des marchés et il conviendra d'assurer un accompagnement et un dispositif d'évaluation des performances approprié, la refonte du système de livraison en ville devra être un objectif prioritaire.

59) Le COMOP recherche a également identifié des options plus radicales comme pouvant élargir la panoplie des options de long terme (véhicules électriques alimentés par l'énergie solaire photovoltaïque fournie par le bâtiment, véhicule pouvant jouer le rôle de générateur d'électricité et de chaleur pour l'habitat individuel...). Si chacune des options n'a pas fait consensus, les experts ont été convaincus que, dans l'avenir et contrairement à la situation qui a prévalu depuis un siècle, l'offre de véhicules serait de plus en plus diversifiée en fonction des différents usages. La possibilité que de nouveaux entrants se fassent une place dans le monde de l'automobile a également été admise, surtout dans un contexte où la valeur ajoutée se fera davantage sur les services de mobilité durable.

### ***Transport ferroviaire***

60) Bien qu'il soit reconnu comme le moyen de transport avec la plus faible signature environnementale, il est nécessaire d'accroître l'efficacité énergétique du système de transport ferroviaire : chaînes de traction innovantes faisant appel à de nouveaux types de moteurs de traction, nouveaux matériaux semi-conducteurs pour l'électronique de puissance, nouveaux concepts de transformateurs moyenne fréquence, meilleure récupération de l'énergie de freinage que ce soit à bord (système de stockage d'énergie) ou en sous-stations, développement de l'utilisation de nouveaux matériaux contribuant à l'allègement des structures, nouvelles technologies d'auxiliaires permettant de réduire considérablement leur consommation, système de gestion du trafic prenant en compte la dimension énergétique.

#### **Engagements Grenelle n° 24, 26**

61) L'abaissement du coût d'installation et de maintenance des infrastructures ferroviaires ainsi que l'augmentation de la disponibilité du matériel roulant sont des enjeux majeurs auquel est confronté le transport ferroviaire. Cela passe par le développement et la mise en œuvre des concepts de maintenance prédictive et une organisation industrielle de la chaîne de maintenance.

#### **Engagements Grenelle n° 14, 24, 26, 27**

62) La Très Grande Vitesse est l'un des domaines d'excellence de la technologie française, qui s'est maintenu grâce à un effort constant de R&D. Afin de garder l'avance, cet effort doit être poursuivi afin de mieux répondre à l'accroissement des besoins de mobilité des personnes dans le cadre du développement durable.

#### **Engagements Grenelle n° 24, 26, 27**

63) L'impact environnemental du transport ferroviaire au niveau bruit doit être réduit que les sources soient le contact roue-rail ou l'aéroacoustique. Les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites en travaillant sur toute le cycle de vie des produits : de l'élaboration des matériaux de base jusqu'au recyclage du matériel roulant. L'objectif de recyclabilité à plus de 90% doit être atteint rapidement. Des travaux doivent être menés afin d'assurer l'hybridation rentable des véhicules faisant appel à de la motorisation Diesel pour réduire les émissions polluantes par ces véhicules.

#### **Engagement Grenelle n° 19**

64) Les nouvelles technologies de l'Information et de la Communication ont déjà largement contribué à améliorer l'efficacité et la rentabilité du système de transport ferroviaire et en rendant ce moyen de transport plus attractif tout en préservant le haut niveau de sécurité qui caractérise ce moyen. Les travaux doivent être poursuivis, en ce qui concerne les logiciels de sécurité ferroviaire, pour mieux répondre aux besoins d'accroissement de la capacité de l'infrastructure ferroviaire existante et offrir les services bord de haut niveau attendus par les voyageurs.

#### **Engagement Grenelle n° 38**

65) Pour le transport urbain, essentiel au développement harmonieux des villes respectant l'environnement, des travaux doivent être menés pour réduire les coûts d'installation de nouvelles lignes de tramways et de métros. Les travaux doivent porter aussi sur l'autonomie des tramways afin d'en améliorer l'efficacité énergétique.

#### **Engagement Grenelle n° 24**

66) Dans le domaine du fret, des travaux doivent être menés pour développer les solutions rentables permettant d'assurer la traction des trains sur les derniers kilomètres non électrifiés (ports, usines, etc...). La diminution de la pollution et du bruit des loco-tracteurs doit faire l'objet de travaux pour aboutir à la meilleure solution industrialisée.

#### **Engagement Grenelle n° 19**

### ***Transport aérien***

#### **Engagement Grenelle n° 28**

Les priorités technologiques d'un programme complémentaire aux programmes de recherche actuels communautaires et nationaux, visent à deux objectifs souvent contradictoires à savoir la réduction conjointe des consommations et du bruit. Elles sont, à court terme, les suivantes :

67) Nouvelles architectures d'avion de transport avec des configurations motrices innovantes : hélices non-carénées contrarotatives. Elles présentent un gain potentiel supérieur à 10 % par rapport au classique « turbofan » et permettent d'espérer une réduction des émissions supérieure à 30 % par rapport aux avions en service. Elles nécessitent cependant la mise au point de nombreuses technologies au niveau du moteur (turbine de puissance et arbre contrarotatif, aérodynamique et structure des hélices) et de son installation sur l'avion (installation mécanique, intégration motrice, sécurité, performances aérodynamiques, influence sur les qualités de vol...)

68) Nouvelles installations motrices des hélicoptères qui apportent des gains significatifs notamment en réduction de la dissipation de puissance et en réduction de la traînée.

69) Allégements des structures et des équipements et diminution des besoins énergétiques. L'utilisation de structures primaires hautement résistantes, de structures secondaires allégées et l'emploi de structures multifonctionnelles, utilisant des microsystèmes et nanomatériaux doivent être développés. Un soutien accru doit être apporté à la supply chain et aux équipementiers pour favoriser l'émergence de solutions novatrices qui permettent de réduire la masse des structures et des équipements et leur consommation énergétique, ou encore de développer des fonctions d'optimisation de l'énergie à bord ou la réduction de l'usage des moteurs au sol. Ces axes

comprennent les développements de nouveaux concepts d'architectures mais aussi de développements dans le domaine des matériaux et nano technologies.

70) Nouveaux carburants intégrant des composants d'origine non fossile.

71) A plus long terme, des études de configurations optimales (ailes volantes), moteurs à détonation pulsée... doivent être encouragées.

La juxtaposition des programmes existants et de celui-ci doit permettre la mise en service dès 2017 d'une famille d'avions bénéficiant de ruptures technologiques rendant ainsi les successeurs de la famille A320 compétitifs face aux futurs B737.

## **« une recherche au service de la société et à son écoute »**

### ***Recherche et expertise***

72) Mieux faire connaître l'encadrement législatif, réglementaire et normatif de l'expertise par des actions d'information et de formation.

**Engagements Grenelle n° 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 232**

73) Demander aux organismes publics de recherche qui se sont déjà dotés d'une charte de l'expertise de proposer dans un délai de six mois une charte commune en s'appuyant sur les pratiques existantes et en associant étroitement les établissements d'enseignement supérieur. Puis encourager (contrats d'objectifs, lettres d'orientation...) les autres établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les autres organismes publics de recherche à adhérer à cette charte nationale de l'expertise et à la mettre en œuvre. Cette charte proposera des modalités de gestion des conflits potentiels d'intérêts résultant en particulier du développement des contrats de recherche du secteur public avec les acteurs du monde économiques publics ou privés, français et étrangers.

**Engagements Grenelle n° 193, 206, 210, 211, 212**

74) Confier au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie un rôle de veille sur les procédures d'expertise des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche.

**Engagements Grenelle n° 193, 194, 195**

### ***Sciences dans la société***

75) Encourager l'intégration des sciences humaines et sociales au côté des autres disciplines dès la conception des projets et des programmes de recherche appliqués notamment par des incitations fortes dans les appels à projets de recherche nationaux.

**Engagements Grenelle n° 187, 232**

76) Encourager, par exemple au sein d'instances spécifiques, la consultation des acteurs de la société, notamment ceux qui ont contribué au Grenelle de l'environnement ; les associer à la définition et au déroulement de certains programmes de recherche participatifs. Solliciter plus largement la capacité du Parlement, notamment par l'intermédiaire de l'OPECST, à définir les priorités de recherche et évaluer les programmes de recherche, ainsi qu'à conduire des expertises publiques, collectives et contradictoires sur les sujets scientifiques les plus controversés

**Engagements Grenelle n° 58, 162, 187, 189, 193, 199**

77) Communiquer sur le thème du travail scientifique par des rendez-vous réguliers associant les médias pour faire connaître au public les thèmes de recherche émergents et débattre de leurs impacts sociétaux.

**Engagements Grenelle n° 87, 189, 213**

78) Favoriser l'identification et l'évaluation de sujets émergents par la réalisation d'expertises par auto-saisine dans les établissements d'enseignement supérieur et de recherche et les organismes publics de recherche ainsi que la réalisation d'études prospectives.

**Engagements Grenelle n° 187, 232**

79) Mettre en place dans un délai de deux ans des procédures de traitement des alertes au sein des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes publics de recherche incluant notamment une possibilité de recours à une médiation interne. Instituer la possibilité, si ces procédures n'aboutissent pas, d'une appropriation du débat par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST).

**Engagements Grenelle n° 193, 194**

80) Elargir la représentation du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) aux organisations non gouvernementales et lui confier un rôle de veille et de conseil sur l'évolution des pratiques en matière de consultation des partenaires, d'analyse des signaux diffus et de traitement de l'alerte au niveau national dans le domaine de la recherche.

**Engagements Grenelle n° 162, 193, 194, 195, 199**

