

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité. Compte tenu de l'inertie du système climatique, le réchauffement va s'amplifier durant les décennies à venir - ceci advenant même si les émissions anthropiques de gaz à effet de serre pouvaient cesser. Les conséquences seront sensibles dans notre environnement et nos modes de vie ; il est nécessaire de les anticiper afin de réduire nos vulnérabilités et minimiser les impacts socio-économiques. Définir et évaluer les effets du changement climatique permet d'envisager les mesures d'adaptation les plus appropriées.

Depuis sa création en 2001, l'ONERC contribue à donner aux pouvoirs publics et aux élus les informations nécessaires aux choix stratégiques et aux décisions politiques en matière de changement climatique. L'ONERC a piloté en 2008 et 2009, avec le département de lutte contre l'effet de serre du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, un groupe interministériel sur l'évaluation des impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés. Accompli par les administrations concernées, avec la collaboration d'organismes de recherche et d'acteurs privés, ce travail conduit à des résultats provisoires qui devront être étendus et approfondis dans des étapes ultérieures.

Ce troisième rapport de l'ONERC présente les principaux résultats issus de ce groupe de travail, dans les domaines de l'eau, de l'agriculture, de la forêt, de la santé, de la biodiversité, de l'énergie, du tourisme, des risques naturels, des infrastructures de transport, complétés par une analyse de la problématique territoriale. Les connaissances rassemblées et les pistes d'adaptation proposées serviront à l'élaboration du plan national d'adaptation annoncé en 2009 par la loi de programmation relative au Grenelle de l'Environnement, et qui doit paraître en 2011.



ONERC
www.onerc.gouv.fr

La Documentation française
29-31, quai Voltaire
75344 Paris Cedex 07
Tél. : 01 40 15 70 00
Télécopie : 01 40 15 72 30
www.ladocumentationfrancaise.fr

Prix : 15 €
ISBN : 978-2-11-007803-2
DF : 5HC18220
Imprimé en France

Photos © ONERC / Michel Galliot ; © MEEDDM / Thierry Degen ; © ONERC / Michel Galliot

dF



Changement climatique

Coûts des impacts et pistes d'adaptation



Rapport au Premier ministre
et au Parlement

La
documentation
Française

Changement **climatique**

Coûts des **impacts** et **pistes** d'**adaptation**

Publications de l'Onerc

Conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes. Actes du colloque du 22 au 23 juin 2003, Onerc, 2003.

Êtes-vous prêt ? Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales, Onerc, 2004.

Collectivités locales et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation ? Actes du colloque du 30 septembre 2004, Onerc, 2005.

Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2005.

Réchauffement climatique : quelles conséquences pour la France ? Onerc, 2006.

« *Littoral en danger* », *comment les régions maritimes d'Europe s'adapteront-elles au climat à venir ?* Actes du séminaire des 3 et 4 février 2006, Onerc/CRPM, 2006.

Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, La Documentation française, Paris, 2007.

Changements climatiques et risques sanitaires en France . Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2007.

Notes et Rapports techniques

Recensement des études concernant les effets du climat et du changement climatique sur les espaces côtiers dans les DOM-TOM, note technique n° 1, Onerc, mars 2005.

Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral : scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100, note technique n° 2, Conservatoire du littoral, Onerc, septembre 2005.

Impacts du changement climatique sur les activités vitivinicoles, note technique n° 3, Onerc, janvier 2006.

Recensement des études concernant les effets du climat et du réchauffement climatique sur les espaces de montagne en France métropolitaine, note technique n°4, Onerc, version actualisée mars 2008.

Changements climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels, rapport technique n°1, Onerc, mars 2008.

Impacts du changement climatique dans les îles subantarctiques, rapport technique n°2, Onerc, mai 2009.

« En application de la loi du 11 mars 1957 (art. 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992, complétés par la loi du 3 janvier 1995, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre ».

Sommaire

LE MOT DU PRÉSIDENT	5
RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS	7
INTRODUCTION	17
Analyse des coûts : contexte général	21
Ressource en eau	29
Risques naturels et assurances	37
Biodiversité	45
Santé	53
Agriculture	61
Forêt	69
Énergie	77
Tourisme	85
Infrastructures de transport	93
Territoires	101
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	109
ANNEXES	
Annexe I. La politique de la France en matière d'adaptation	115
Annexe II. L'adaptation dans le monde	119
Annexe III. Les activités de l'Observatoire en 2007, 2008 et 2009	143
Annexe IV. Les indicateurs du changement climatique	153
Annexe V. La recherche sur le climat en France	171
Annexe VI. Bibliographie	187
Annexe VII. Sigles et acronymes	191
Annexe VIII. Personnes ayant contribué à l'élaboration de ce rapport	193

Le mot du président

Les conclusions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) énoncées dans son dernier rapport de 2007 sont sans appel : l'homme est bien responsable du changement climatique que connaît la Terre. Malgré ce constat, la prise de conscience ne s'est pas encore concrétisée en actions concrètes : les émissions de gaz à effet de serre se sont accélérées depuis 1990 et même en cette période de crise économique mondiale que nous connaissons depuis 2008, les mesures de concentration de CO₂ dans l'atmosphère ne montrent pas de changement de tendance.

Compte tenu de l'inertie du système climatique, le réchauffement va s'amplifier durant les décennies à venir même si les émissions cessaient brutalement. L'augmentation continue des émissions au rythme actuel pourrait nous entraîner vers un dérèglement climatique catastrophique. Réunis à Copenhague en mars 2009 de nombreux chercheurs ont constaté que les émissions de ces dernières années et certains aspects du climat se rapprocheraient du scénario le plus pessimiste envisagé par le GIEC.

Nos sociétés doivent réagir afin de maintenir le réchauffement dans des limites permettant d'éviter les effets d'emballement climatiques et les conséquences catastrophiques qu'ils entraîneraient pour les populations. L'effort à faire est indispensable et immense afin de limiter de manière considérable nos émissions de gaz à effet de serre. Cela implique des mutations profondes de nos systèmes économiques, industriels, agricoles, de notre mode de vie et de nos comportements.

L'attribution du prix Nobel de la paix aux chercheurs du GIEC et à Al Gore a valeur de symbole fort car les ravages qui pourraient accompagner un changement radical de notre climat sont comparables à ceux d'une guerre. Il est temps de passer à l'action et la prochaine réunion, à Copenhague, de la Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique se doit de déboucher sur un accord ambitieux entre tous les pays pour faire face à ce défi.

Ce n'est pas la première fois que l'humanité est confrontée à la nécessité de s'adapter à de nouvelles conditions de vie, et de nombreuses sociétés ont su surmonter des difficultés considérables grâce à une évolution de leurs pratiques. C'est ainsi que l'homme a pu coloniser des territoires particulièrement inhospitaliers comme les régions arctiques ou certains déserts tropicaux. Mais à l'inverse de ces exemples que l'histoire nous rapporte, l'homme moderne a la chance de pouvoir anticiper les changements et d'organiser son adaptation. Il faut saisir cette chance et planifier dès à présent les modifications à apporter à nos comportements.

Depuis sa création en 2001, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) est un outil essentiel pour apporter aux pouvoirs publics et aux élus les bases nécessaires aux choix stratégiques et orienter les décisions politiques. Après avoir proposé une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique pour la France, l'ONERC a piloté, avec le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies

vertes et des Négociations sur le climat un groupe de travail interministériel sur les impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés.

À la différence des travaux réalisés ces dernières années, comme ceux de la Banque Mondiale, de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques ou du rapport Stern, le but n'était pas d'obtenir une estimation globale des coûts mais de procéder à une description la plus exhaustive possible des impacts et à donner des premiers éléments de coût de ces impacts par secteur et de quelques mesures d'adaptation. L'exercice s'est révélé novateur, en particulier par le grand nombre d'acteurs mobilisés, mais il s'est heurté à un manque de données et de références ce qui prouve l'importance du chemin encore à parcourir. L'incertitude sur les projections climatiques est grande, elle l'est encore plus lorsqu'on essaie de quantifier les impacts qu'aura le changement climatique, mais elle ne doit pas justifier l'attentisme et le manque de décision.

Dans le concert des nations développées, la France est parmi celles qui ont le plus avancé dans le domaine de la lutte contre le changement climatique et de l'adaptation à ses conséquences. Il convient maintenant de tirer parti des connaissances rassemblées par ce groupe interministériel pour réaliser un plan national d'adaptation ambitieux annoncé par la loi de programmation relative au Grenelle de l'environnement, adoptée le 3 août 2009. Le ministre d'État, ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat a souhaité que la préparation de ce plan fasse l'objet d'une vaste concertation nationale. Cette concertation qui se déroulera tout au long de l'année 2010 permettra de recueillir les avis de la société civile, des collectivités mais aussi de nos concitoyens sur un domaine encore trop peu connu.

Ce rapport de l'ONERC présente les principaux résultats énoncés par ce groupe interministériel. Les travaux se sont étalés sur deux ans et demi et ont mobilisé plus de deux cents personnes. Au nom du conseil d'orientation de l'ONERC je remercie, l'ensemble des participants à ces travaux qui s'avèrent indispensables pour éclairer les décideurs et les aider à faire les meilleurs choix de mesures d'adaptation qui conditionneront notre avenir commun.

Paul Vergès

Résumé pour décideurs

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité et ses conséquences auront un impact significatif à moyen terme sur notre environnement et nos modes de vie. Le Grenelle Environnement recommande de les anticiper dès aujourd'hui afin de minimiser les impacts socio-économiques afférents et de réduire la vulnérabilité des acteurs concernés. Définir et évaluer les effets du changement climatique auxquels les acteurs devront faire face permet d'envisager les mesures d'adaptation les plus appropriées.

Le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) a constitué, en mars 2007, un groupe interministériel dénommé « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », engageant ainsi un chantier d'évaluation des dommages et des mesures permettant de limiter le coût des impacts.

L'une des spécificités de ce travail réside dans le fait qu'il est, pour l'essentiel, accompli par les administrations concernées avec la collaboration d'organismes de recherche et d'acteurs privés. Il doit être considéré comme une étape d'un processus ambitieux de calibrage de l'action publique : **il conduit à des résultats provisoires qui resteront ouverts à discussion, pour un approfondissement dans des étapes ultérieures.**

Cadrage méthodologique

Le parti pris a été de produire **des évaluations sectorielles** aux horizons **2030, 2050 et 2100, sans volonté d'agrégation des résultats**. À ce stade, les travaux thématiques ne visaient pas l'exhaustivité : seuls certains impacts ont été évalués de manière quantitative.

Le groupe a choisi de travailler à partir des **scénarios A2 et B2 du GIEC**, selon les simulations réalisées par le Centre national de recherches météorologiques (CNRM)/Météo-France, avec le modèle Arpège-Climat. A2 est un scénario plutôt pessimiste, B2 un scénario optimiste : ces deux scénarios sont généralement ceux adoptés dans les analyses d'impacts du changement climatique.

En l'absence d'une prospective socio-économique de long terme régionalisée et par secteur sur la France, il a été décidé de travailler en conservant la situation socio-économique française actuelle (scénario dit à « économie constante »). Ce choix permet d'isoler l'impact du changement climatique de celui d'autres évolutions et de ne pas ajouter des incertitudes macro-économiques aux incertitudes relatives aux aspects climatiques. Ce choix reste néanmoins restrictif et limitant pour certains secteurs pour lesquels une évolution socio-économique est d'ores et déjà anticipée ou pour lesquels ces évolutions constituent un facteur déterminant de la vulnérabilité au changement climatique.

Périmètre et résultats des travaux thématiques

Seul un nombre restreint de secteurs a été étudié et au sein de ces secteurs, l'analyse n'a porté que sur une sélection d'impacts du changement climatique. Les coûts estimés doivent être considérés comme des **ordres de grandeur** en raison des limites des méthodologies utilisées et de la non-exhaustivité des évaluations réalisées. Le détail des évaluations quantitatives est consigné dans le rapport général.

Ressource en eau

Si l'on considère une stabilité de la demande, un déficit de **2 milliards de m³ par an** pour la satisfaction des besoins actuels de l'industrie, l'agriculture (irrigation) et l'alimentation en eau potable serait observé à l'**horizon 2050**. Les projections indiquent que les zones les plus touchées seraient les zones déjà concernées aujourd'hui par des déficits structurels. L'estimation de la compensation du déficit potentiel de ressource en eau à l'horizon 2050 ne représente qu'une partie « visible » des adaptations nécessaires et une évaluation très partielle des nécessités d'adaptation des activités liées à l'eau. Tous les secteurs seraient affectés par cette évolution, qui se traduirait par une multiplication des conflits d'usage, une dégradation de la qualité des eaux et par la perturbation des écosystèmes aquatiques ou dépendants de la ressource en eau. L'adaptation de chaque secteur au changement climatique passera par une meilleure gestion de la consommation d'eau : l'adaptation de la demande et des besoins en eau est un axe prioritaire. Quant à l'adaptation de l'offre, elle devra impérativement relever de l'adaptation planifiée afin d'en étudier préalablement les impacts. L'évaluation du coût potentiel de ces mesures d'adaptation ne pourra se faire qu'au travers d'investigations locales. Elles pourraient représenter des investissements et des dépenses de fonctionnement très importants.

Risques naturels et assurances

L'analyse a porté sur quatre types d'aléas spécifiques : les inondations, les risques côtiers, le retrait-gonflement des argiles et les aléas gravitaires (avalanches, coulées de boue, chutes de roches...). À titre d'exemple, à urbanisation constante, les dommages moyens annuels aux logements générés par le risque de **retrait-gonflement des argiles** pourraient dépasser **1 milliard d'euros en 2100**. Ce coût pourrait être multiplié par un facteur 4 à 5 si l'on tient compte de l'urbanisation dans les zones à risque. En l'absence d'adaptation, les impacts des **risques côtiers** (érosion et submersion), devraient concerner *in fine* plusieurs centaines de milliers de personnes et la destruction des logements a coûté **pour la seule région Languedoc-Roussillon, plusieurs dizaines de milliards d'euros à l'échelle du siècle**. Le **coût des dommages liés aux inondations par débordement de cours d'eau** pourrait également être significatif, avec ici, des incertitudes importantes qui demeurent quant à l'impact attendu et la difficulté de distinguer les coûts induits par le seul changement climatique. Quant au coût relatif aux **aléas gravitaires**, il n'a pas été évalué du fait d'un grand besoin de connaissances. Il est cependant à souligner

le fort **impact sociétal** qu'ont les catastrophes associées à ces aléas, pouvant entraîner des pertes de vies humaines et des coûts importants très localisés.

Biodiversité

Bien qu'il soit parfois difficile d'isoler les impacts du changement climatique des autres pressions subies par les écosystèmes et bien que la problématique soit très différenciée selon les écosystèmes et les espèces, **des signes de modification de la biodiversité attribuables aux changements graduels induits par le changement climatique sont d'ores et déjà observables**. La biodiversité est affectée directement par la modification de la température et de la pluviométrie notamment, mais les **effets indirects** pourraient être au moins aussi importants. Il est donc essentiel de mieux connaître les effets croisés des impacts du changement climatique d'une part et des adaptations spontanées ou planifiées d'autre part, afin de prévenir les conséquences négatives pour la biodiversité. De plus, la **préservation d'écosystèmes naturels et de leur résilience peut également constituer une action d'adaptation** (lutte contre les inondations par exemple). L'évaluation économique des pertes de biodiversité s'est appuyée sur la notion de services écosystémiques. Cette approche, appliquée aux écosystèmes coralliens et aux services non marchands fournis par la forêt fait état d'impacts clairement négatifs. Plus globalement, **des pertes économiques significatives liées à la diminution voire la disparition de services de régulation** sont à attendre en particulier dans la seconde moitié du XXI^e siècle. Privilégier la gouvernance territoriale peut permettre de mieux intégrer la protection de la biodiversité et de concilier les différents enjeux, aux échelles spatiales pertinentes.

Santé

Le travail d'évaluation économique a porté sur l'impact de deux événements extrêmes majeurs (canicule de 2003 et inondation du Gard en 2002). La mesure de l'impact de la canicule a pris en compte les coûts réels et les coûts évités pour l'assurance-maladie, les coûts indirects (pertes de vie humaine, temps non productif) et les coûts intangibles (valeur estimée de la perte de qualité de vie et de la souffrance liée à la dégradation de la santé). Si l'impact pour l'assurance-maladie ne semble pas significatif, le coût global pour la société dans son ensemble est néanmoins considérable. On estimerait la valeur perdue par notre société du fait de la **canicule 2003** à un peu **plus de 500 millions d'euros** dans l'hypothèse d'une perte moyenne d'une année de durée de vie¹. Lors des inondations, trois grandes phases de dangers pour la santé sont observées : une phase de danger immédiat (blessures et décès), une phase de danger à court terme (risques infectieux), et une phase de danger concernant les problèmes psychologiques apparentés au stress post-traumatique. Le travail d'évaluation du groupe s'est concentré sur cette dernière phase. Concernant **les inondations du Gard**, le coût de la prise

1. Chiffrage réalisé selon les recommandations du rapport Boiteux (2001).

en charge des personnes présentant des troubles psychologiques a été estimé à environ **234 000 euros (pour 953 personnes)**. Il s'agit d'une estimation basse, puisqu'elle ne porte que sur le coût des soins (les coûts indirects et intangibles n'ayant pas été chiffrés).

Secteur agricole

Les modèles de croissance des grandes cultures utilisés projettent une hausse de rendement en réponse au changement climatique (notamment du blé jusqu'à l'horizon 2100). Cette hausse ne tient pas compte des variabilités interannuelles et de la baisse de disponibilité en eau. La prise en compte de ces facteurs de variabilité, encore mal intégrés aux modèles de croissance, pourrait permettre d'affiner les résultats et de nuancer la hausse de rendement escomptée. À titre d'exemple, la multiplication des événements de type **canicule de 2003** pourrait représenter en 2100 un coût allant jusqu'à plus de **300 millions d'euros par an pour une culture comme le blé** en l'absence de mesure d'adaptation. La **viticulture** sera également affectée par le changement climatique, avec des disparités territoriales fortes et des effets sur la qualité des vins. Dans le cas **des prairies**, l'exercice réalisé pour la **zone périméditerranéenne**, amène à un coût de compensation des pertes de **200 millions d'euros par an** sur la seconde moitié du XXI^e siècle. Il est donc nécessaire de s'adapter dès aujourd'hui à ces évolutions projetées.

Secteur forestier

Une hausse de productivité (volumes de bois) est attendue à court et moyen terme en raison de l'augmentation des températures et du taux de CO₂ dans l'atmosphère. Ainsi, la production brute annuelle supplémentaire atteindrait près de 30 millions de m³ en 2050. Néanmoins, sur cette même période, les **gains de productivité escomptés sont du même ordre de grandeur que les pertes possibles** par dépérissement, incendie, sécheresse, etc. Après 2050, la tendance serait défavorable en raison du stress hydrique notamment dans le sud de la France, avec un risque accru de sécheresses et d'incendies ; laissant présager des **impacts clairement négatifs à long terme**. Afin de pallier ces effets, l'adaptation du secteur forestier devra mettre à contribution l'ensemble des acteurs de la filière. Concernant les **feux de forêt**, une étude menée par la mission interministérielle sur le risque d'incendie en lien avec le changement climatique est actuellement en cours. Selon les premiers résultats, le changement climatique attendu s'accompagnera d'une **aggravation de l'aléa dans les territoires actuellement exposés** (où des dispositifs de défense des forêts contre les incendies sont en place) ainsi que par une **propagation territoriale (vers le Nord et en altitude)** de l'aléa « incendie de forêts ».

Énergie

Le changement climatique aura des conséquences sur la demande, avec une baisse de la consommation énergétique en hiver, mais une hausse en été en raison des besoins en climatisation pour les logements et les véhicules. L'évaluation économique de ces impacts fait apparaître **une tendance d'économie d'énergie de l'ordre de 3 %** dans le scénario d'économie constante, soit 1,8 à 5,9 M tep/an selon les scénarios et les horizons, mais le développement spontané de la climatisation résidentielle et automobile amputerait de moitié les économies d'énergie liées au réchauffement. En termes de production d'électricité, il faut s'attendre, en raison des contraintes liées à la ressource en eau, à une **baisse de productible de l'ordre de 15 % des centrales hydro-électriques**, pour lesquelles l'eau constitue la « matière première », et à des **pertes de rendement** des infrastructures de production et de transport de l'énergie.

Tourisme

Les résultats fournis par une étude du Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) et de Sogreah, fondés sur le calcul de l'indice de confort touristique estival (ICT), mettent en avant **une dégradation du confort climatique en été** sur l'ensemble de la France métropolitaine, les températures maximales atteintes devenant trop élevées pour permettre un confort maximal des touristes. Cette dégradation est moins marquée dans la moitié Nord de la France (Côte Nord-Ouest particulièrement), ainsi que certains départements de montagne (dans les Alpes notamment). **En 2100, un impact significatif sur le chiffre d'affaire estival** est à attendre, en raison d'une évolution à la baisse de l'attractivité touristique sauf dans le nord de la France et de certains départements des Alpes. En revanche, une amélioration des conditions sera constatée aux intersaisons. Concernant les sports d'hiver, une étude de l'OCDE en 2006 indique que, dans les Alpes, **la diminution du manteau neigeux réduira la fiabilité de l'enneigement**. Dans les Alpes françaises, 143 domaines skiables bénéficient actuellement d'un enneigement fiable. En cas de réchauffement de 1 °C, cela ne sera le cas que pour 123 stations ; pour 96 stations si le réchauffement atteint 2 °C et seulement pour 55 stations dans le cas d'un réchauffement de 4 °C. De manière générale, ce travail indique que dans toutes les zones géographiques de France métropolitaine, le secteur du tourisme devra s'adapter aux manifestations futures du changement climatique pour limiter les impacts négatifs et en saisir les opportunités potentielles.

Infrastructures de transport

Le changement climatique prévu pourrait rendre nécessaires des adaptations au niveau des infrastructures routières. Si la canicule de 2003 n'a pas semblé engendrer de désordres généralisés mettant en cause la pérennité des structures de chaussées ni des ouvrages d'art, les effets dus aux **périodes répétitives de canicule** ne sont pas connus à ce jour. En ce qui concerne le risque de **submersion**

marine permanente lié à une remontée d'ensemble du niveau de la mer d'un mètre, il représenterait un coût patrimonial, pour les routes nationales métropolitaines (hors autoroutes et hors autres voiries), hors pertes d'usage et hors effet « réseau » (par exemple la submersion d'un tronçon limité de route peut entraîner l'indisponibilité de toute une section mais seule la valeur patrimoniale du tronçon submergé a été calculée) situé dans une fourchette comprise entre **500 millions et 1,2 milliard d'euros**. Il pourrait atteindre 2 milliards d'euros dans le cas où les protections actuelles se révéleraient insuffisantes. Pour des raisons de disponibilité de données, les infrastructures hors du réseau national non concédé, les infrastructures portuaires, ferrées et fluviales n'ont pas été étudiées.

Territoires

Les travaux ont spécifiquement porté sur la question de l'échelle d'analyse pertinente, sur les interactions sectorielles à l'échelle des territoires et la notion de **transition vers le changement**. Il a été mis en avant l'importance du pas de temps nécessaire à ce que l'on peut appeler « **l'apprentissage de la vulnérabilité** ». Cette conversion sera d'autant plus longue que les publics susceptibles d'être touchés par les impacts du changement climatique ne sont pas *a priori* homogènes. À cet effet, l'information, la sensibilisation et la mobilisation des acteurs et de la population au changement climatique et à l'adaptation constituent des aspects fondamentaux. Par ailleurs, s'il est avéré que l'adaptation passera avant tout par une meilleure connaissance du changement climatique et de ses enjeux, **l'organisation des compétences** joue également un rôle majeur. Au vu de ces constats, il est nécessaire de prendre la mesure des **rythmes sociaux** utiles à la concrétisation de l'objectif commun d'une évolution sans rupture vers de nouveaux modes de vie.

Éléments d'analyse

Les travaux réalisés mettent en avant des coûts mais également des bénéfices liés au changement climatique en France métropolitaine, en fonction du secteur considéré, des scénarios climatiques et de l'horizon temporel. Pour certains secteurs, on observera à la fois des coûts et des opportunités selon l'impact étudié, si bien qu'il est parfois difficile de déterminer le signe de l'impact « net » du changement climatique. Néanmoins, au vu des analyses qualitatives et quantitatives opérées par les groupes thématiques, on peut s'attendre à un impact global négatif du changement climatique, les **coûts pouvant atteindre plusieurs centaines de millions d'euros par an pour différents secteurs si aucune adaptation n'est entreprise**.

Envisagée comme une politique complémentaire à l'atténuation, **l'adaptation permettra de limiter les coûts des impacts du changement climatique de manière significative**, voire de les transformer en opportunités dans certains cas. Si **l'adaptation spontanée** peut déjà permettre de limiter les impacts négatifs du changement climatique, il est à noter qu'une adaptation non organisée peut également conduire à les amplifier ou à en limiter les bénéfices : c'est le cas de l'énergie,

avec le développement spontané de la climatisation qui participe à augmenter la consommation d'énergie en été de manière significative et donc les émissions de gaz à effet de serre ; ou encore de l'agriculture, où une hausse spontanée de l'irrigation ne peut être compatible avec la diminution de la disponibilité de l'eau. Ceci **souligne l'importance de coordonner et d'organiser l'adaptation** afin d'éviter ces écueils.

Les impacts du changement climatique ne seront pas répartis ni uniformément, ni équitablement à l'échelle du territoire :

- d'un point de vue géographique, certaines régions pourraient se trouver très affectées par les changements, alors que d'autres le seraient moins et pourraient même en tirer parti, ces différences tenant autant à l'exposition aux aléas climatiques qu'aux spécificités géographiques et socio-économiques territoriales susceptibles d'influencer la vulnérabilité des systèmes ;
- d'un point de vue individuel, les acteurs ne seront pas égaux devant le changement climatique. Selon les secteurs d'activité économique et selon la vulnérabilité sociale des ménages, les effets ne seront pas redistribués de la même façon. Les individus les plus défavorisés seront probablement les plus affectés et le plus rapidement par les impacts du changement climatique.

L'adaptation au changement climatique doit donc être contextualisée et veiller à **réduire les inégalités face au risque**.

Il subsiste de nombreuses incertitudes sur ce que seront les conséquences du changement climatique : il est donc nécessaire d'envisager des modes de gouvernance qui **puissent à la fois se projeter sur le long terme et être évolutifs** à court terme.

Pistes d'adaptation identifiées

Si les travaux se sont principalement concentrés sur les impacts du changement climatique, quelques pistes d'adaptation ont été recensées ou proposées. Ces options **ne constituent pas à ce stade des recommandations, mais plutôt des pistes à envisager dans le cadre des réflexions pour une planification de l'adaptation**. Leur pertinence, leur efficacité et leur faisabilité doivent être étudiées de manière intégrée, notamment en prenant en compte le contexte local.

On donne ici quelques exemples non exhaustifs des pistes identifiées :

- général : organiser une mise à disposition des résultats des modèles climatiques
- notamment les désagrégations au niveau local – et des études sur les impacts ;
- eau : mise en place de systèmes agricoles alternatifs plus robustes et moins exigeants en ressource en eau (déjà inclus dans Objectif Terres 2020) ;
- risques naturels : prendre en compte le changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification ;
- biodiversité : valoriser les espaces protégés comme socles privilégiés d'observation des impacts du changement climatique et de suivi des stratégies d'adaptation ;
- santé : intégrer les risques sanitaires d'origine climatique aux formations initiale et continue des professionnels de santé ;

- agriculture : diversifier les systèmes de culture, permettant de combiner « esquive », « évitement » et « tolérance » ;
- énergie : faciliter le développement d'un cadre bâti et d'un urbanisme réduisant la demande d'énergie, notamment celle de climatisation ;
- tourisme : développer un « tourisme des quatre saisons », pour réduire la dépendance par rapport à la neige.

Perspectives

Pour des raisons de faisabilité et de disponibilité des données, certains points n'ont pas pu être traités. Ces choix ne préjugent pas de l'importance des impacts du changement climatique sur ces secteurs, qui mériteraient d'être traités dans les étapes ultérieures.

Les champs qui n'ont pas été traités dans cette étude et devront faire l'objet d'une attention particulière dans les étapes ultérieures, sont les suivants :

- la thématique « **urbanisme** » ainsi que les secteurs **aériens, portuaires, fluviaux et ferroviaires** ;
- le secteur **maritime, de la pêche et de l'aquaculture** ;
- les activités du **secteur tertiaire** (autre que le secteur du tourisme) ;
- les activités du **secteur industriel** (autre que le secteur de l'énergie) ;
- les impacts du changement climatique sur le **patrimoine culturel**.

L'intégration de l'**outre-mer** dans l'évaluation quantitative des impacts et des mesures d'adaptation constitue une priorité majeure. La problématique du changement climatique dans les DOM-COM et la Nouvelle-Calédonie est différente de celle touchant la France métropolitaine. Cela implique dès maintenant des travaux permettant notamment d'aboutir à une meilleure connaissance de l'évolution des paramètres climatiques et de ses conséquences dans ces zones.

Des **besoins transversaux de connaissances et d'observation** ont été identifiés afin d'avancer dans la compréhension des impacts économiques du changement climatique :

- **Améliorer les connaissances** sur les évolutions climatiques, en particulier pour les aléas restant soumis à une incertitude importante :
 - l'évolution du régime des précipitations ;
 - l'élévation du niveau de la mer ;
 - les conséquences du changement climatique sur le régime hydrologique ;
 - les aléas climatiques fortement localisés, *ie* les aléas gravitaires ;
 - les évolutions des régimes d'insolation et de vent ;
 - la modification des caractéristiques physicochimiques des habitats marins.
- Améliorer la caractérisation de certains aléas – les sécheresses ou les canicules par exemple – en termes d'intensité ou encore de territorialisation.
- Produire des **données territorialisées**, que cela soit pour les aléas, les modèles, les scénarios climatiques ou les scénarios de développement socio-économique.

- Améliorer la **caractérisation et quantification des impacts non marchands**.
- **Intégrer les problématiques d'adaptation et d'atténuation**, par des travaux de recherche visant une meilleure identification de leurs synergies et conflits.
- Améliorer la compréhension des comportements d'**adaptation spontanée** des différents acteurs.
- Mener une réflexion sur la faisabilité et l'acceptabilité de la mise en œuvre des mesures d'**adaptation planifiée**.
- Poursuivre les travaux sur les **coûts de l'adaptation**, peu abordés ici, impliquant de disposer d'outils d'analyse économique de l'adaptation, à la croisée de **l'économie de l'incertain** et de **l'économie du long terme**.
- Améliorer la **prise en compte des interactions sectorielles** : les impacts du changement climatique sur un secteur donné seront en effet largement influencés par les impacts touchant les autres secteurs.
- Lancer une réflexion globale et un effort d'anticipation sur **les questions de disponibilité et des usages de l'eau** dans un contexte de changement climatique.
- Poursuivre une **réflexion multirisque et multisectorielle** sur l'adaptation.

Enfin, de manière générale, la démarche devra être **déclinée à d'autres échelles**, et notamment celle des collectivités locales.

Introduction

Depuis le quatrième rapport du GIEC, paru en 2007, le doute n'est plus permis quant à la réalité du réchauffement climatique actuel. Les modèles climatiques annoncent tous que ce réchauffement devrait se poursuivre dans les décennies à venir. Le réchauffement constaté en France métropolitaine au cours du XX^e siècle est d'environ 30 % plus important que le réchauffement moyen sur le globe. La température moyenne annuelle a augmenté de 0,95 °C en France métropolitaine, pour 0,74 °C sur le globe. Ces valeurs sont encore plus élevées si on ne s'intéresse qu'à la deuxième partie du XX^e siècle : augmentation de 1,1 à 1,5 °C sur la période 1950-2000. Ce réchauffement moyen est accompagné d'une augmentation des précipitations hivernales et automnales (entre 5 et 35 %) et d'une baisse des précipitations estivales.

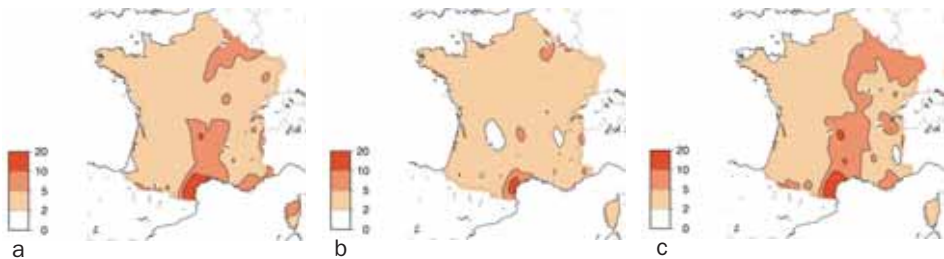
Carte 1. Augmentation de la température moyenne annuelle en France métropolitaine sur la période 1901-2000



Source : Météo-France.

Si cette tendance devait se poursuivre dans les mêmes proportions ceci impliquerait qu'un réchauffement de 2 °C du globe se traduirait en France par un réchauffement de près de 3 °C ou, dans le cas le plus pessimiste, qu'un réchauffement global de 6 °C donnerait un réchauffement chez nous de 8 °C. **De plus, en France, le réchauffement estival serait nettement plus marqué que le réchauffement hivernal. Cela confirme notamment que des épisodes caniculaires similaires ou plus intenses que celui de 2003 se représenteraient inévitablement beaucoup plus fréquemment.**

Carte 2. Rapport entre le nombre de jours de canicule estivale prévu pour la période 2021 et 2050 et celui observé pendant la période de référence 1961-1990. Cas des scénarios A1B (a), A2 (b) et B1 (c) du GIEC



Source : Météo-France.

L'ampleur exacte du changement climatique est encore incertaine car elle est liée à des phénomènes complexes et aux choix politiques et techniques qui seront pris.

De nombreux chercheurs, réunis à Copenhague en mars 2009² sur l'initiative de l'*International Alliance of Research Universities*, ont souligné que l'analyse des dernières observations montrait que **les émissions de gaz à effet de serre se rapprochaient des scénarios les plus extrêmes envisagés par le GIEC**. La réponse du climat est également **dans la limite supérieure de la fourchette des prévisions**.

La vitesse de fonte de la banquise arctique s'est accélérée et au cours des années 2007 et 2008 la taille de la banquise à la fin de l'été a connu une réduction extrême par rapport à la moyenne des années précédentes. La vitesse de montée de la mer a augmenté, de 1993 à nos jours, en grande partie à cause de la contribution croissante de la fonte de l'inlandsis du Groenland et de l'Antarctique. Les modèles de prévision de l'élévation du niveau de la mer ont du mal à prendre en compte le comportement de ces calottes polaires et leurs résultats sont très incertains. De nouvelles estimations fondées sur la relation entre l'augmentation moyenne globale de température et la montée du niveau de la mer ces cent vingt dernières années, en supposant que cette relation restera identique à l'avenir, suggèrent une élévation du niveau marin proche ou supérieure à 1 mètre d'ici 2100.

Il apparaît que, dans le contexte actuel, les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne pourront pas être suffisamment modulées à court terme pour stabiliser le climat mondial : la prise en compte de l'adaptation devient dès lors nécessaire et complémentaire des actions d'atténuation (ie réduction des émissions de GES). L'**adaptation** au changement climatique se définit comme « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter les opportunités bénéfiques ». À cette fin, on peut distinguer les mesures d'adaptation selon leur caractère **spontané ou planifié** et selon leur initiative **privée ou publique**.

2. http://climatecongress.ku.dk/pdf/Synthesis_Report_-_French_-_ISBN.pdf/

Les enjeux économiques de l'adaptation ont notamment été mis en lumière lors de la publication du rapport Stern en 2006 : les impacts majeurs du changement climatique coûteraient jusqu'à **20 % du PIB mondial** (de l'ordre de 6 000 milliards de dollars US par an selon le rapport) alors que les mesures permettant de les éviter ne coûteraient que **1 à 2 %** (soit entre 300 et 600 milliards de dollars par an). Un rapport récent (Parry *et al.*, 2009), co-écrit par le président du groupe sur l'évaluation des impacts du dernier rapport du GIEC, annonce des ordres de grandeur similaires.

Tableau 1. Coûts annuels des impacts globaux dans le monde
(en milliards de dollars US)

	Scénario optimiste	Scénario pessimiste	Horizon
Rapport Parry <i>et al.</i> (2009)	1 900	2 400	2 060 sans adaptation
	1 200	1 500	2 060 avec adaptation
Rapport Stern (2006)	1 500	6 000	Actuel et à venir

Outre le secteur économique, l'adaptation intéresse également la biodiversité, la gestion des ressources en eau, la gouvernance territoriale, etc.

En raison de l'inertie des systèmes climatiques, les actions d'adaptation n'auront des effets concrets qu'à moyen ou long terme mais **nécessitent d'être prises dès aujourd'hui** pour une efficacité maximale et une réduction de l'amplitude des impacts. Mobiliser et réagir à court terme pour contrer un impact à moyen ou long terme est le grand défi posé par l'adaptation.

Le premier rapport de l'ONERC, en 2005, posait les bases de la stratégie d'adaptation au changement climatique qui a été développée en 2006 et adoptée par le comité interministériel de développement durable du 13 novembre 2006. Le deuxième rapport de l'ONERC, en 2007, présentait les risques sanitaires induits par le changement climatique. Ce troisième rapport est consacré aux résultats des travaux du groupe interministériel sur les impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés. Il s'attache à présenter des estimations des coûts de l'inaction et de l'adaptation réalisées de façon non exhaustive, pour les secteurs clés.

Le rapport complet de ce groupe interministériel est disponible sur le site internet de l'ONERC (www.onerc.gouv.fr). Il détaille les estimations réalisées et le lecteur pourra s'y reporter pour de plus amples informations.

Cinq annexes complètent ce rapport :

- la première présente la politique de la France en matière d'adaptation ;
- la deuxième traite de l'adaptation dans les négociations internationales, des politiques d'adaptation en Europe et pour certains pays développés ;
- la troisième présente les activités de l'ONERC depuis 2007 ;
- la quatrième présente les indicateurs du changement climatique rassemblés par l'ONERC depuis son dernier rapport
- la dernière présente l'état de la recherche sur le changement climatique et l'adaptation en France.

Analyse des coûts : contexte général



Le groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés » a été constitué en mars 2007. L'objectif était de fournir des premiers éléments d'une évaluation sectorielle des coûts des impacts et de l'adaptation, aux horizons 2030, 2050 et 2100 (ONERC, 2008³).

Les travaux de ce groupe interministériel se sont articulés en deux phases :

- la **première phase**, en juin 2008, visait à une caractérisation qualitative des impacts du changement climatique par secteur et à la définition d'un cadre méthodologique commun ;
- la **deuxième phase**, objet du présent rapport, vise à l'évaluation quantifiée du coût des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation associées. Ces travaux pourront contribuer à l'élaboration du plan national d'adaptation prévu, à l'horizon 2011, par la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

Dix groupes thématiques – santé, agriculture, forêt, eau, infrastructures de transport et cadre bâti, énergie, tourisme, risques naturels et assurances, biodiversité, territoires – ont ainsi été constitués et chargés de ces évaluations. Le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, le ministère de la Santé et des Sports, la Direction interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires, la Direction générale de la compétitivité de l'industrie et des services du ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi ont participé au pilotage aux côtés du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat. Ces groupes ont associé des experts et des spécialistes issus de la recherche, de l'administration, de la société civile et de la sphère privée.

L'implication de l'ensemble des acteurs a été importante durant tout le déroulement des travaux. Elle a concerné près de deux cents personnes qui ont participé à plus de 80 réunions sur un peu plus de deux années. Parallèlement à ces travaux, le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche a débuté ses réflexions pour la préparation d'un plan d'adaptation et le Haut Comité à la santé a été saisi d'une demande d'avis sur les risques pour la santé liés aux effets qualitatifs du changement climatique.

Le cadrage des travaux a été effectué grâce à l'appui méthodologique du Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) assurant l'homogénéité des évaluations. Afin de garantir la pleine appropriation des travaux par les ministères concernés, l'option a été prise de ne pas externaliser l'élaboration des rapports sectoriels, mais de confier à chaque direction de l'administration concernée au premier plan, le pilotage d'un sous-groupe dédié à l'évaluation de son secteur. Chacun des groupes sectoriels a ainsi élaboré son propre rapport, en concertation avec les services et partenaires concernés du monde économique et industriel (EDF, GDF, MRN, Veolia) ou laboratoires de recherche

3. Rapport complet disponible sur le site web de l'ONERC : www.onerc.gouv.fr

(CSTB, INRA), tout en suivant les lignes directrices méthodologiques et la feuille de route commune.

Au vu des connaissances disponibles et de la difficulté de l'exercice, celui-ci est considéré comme un premier pas vers une évaluation plus complète du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation.

Socle méthodologique commun

Dès le démarrage de l'étude, le parti pris a été de produire **des évaluations par secteur, sans volonté d'agrégation des résultats**. Pour des questions de faisabilité mais également d'opérationnalité, l'objectif n'était pas d'aboutir à un résultat global pour la France. Pour assurer la cohérence dans les travaux des dix groupes sectoriels, un cadre méthodologique commun a été proposé dans la première phase des travaux. Les principaux choix méthodologiques sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Cadrage méthodologique

	Choix méthodologique
Périmètre géographique	France métropolitaine, hors impacts de propagation hors frontière
Horizons	2030, 2050, 2100
Scénarios climatiques	Scénarios A2 et B2 du GIEC
Modèle climatique	Modèle Arpège-Climat (Météo-France)
Scénario socio-économique	Évaluation à économie actuelle
Prise en compte de l'adaptation	Deux scénarios d'adaptation étudiés : – adaptation spontanée ; – adaptation planifiée.

Le scénario A2 correspond à un développement économique et démographique peu contrôlé conduisant à des émissions importantes de gaz à effet de serre alors que le scénario B2 suppose une maîtrise du développement et des émissions.

Évaluation à économie actuelle ?

En l'absence d'une prospective socio-économique de long terme régionalisée et par secteur sur la France, le groupe a choisi de travailler en conservant la situation socio-économique française actuelle (scénario dit à économie constante) : pour l'ensemble des paramètres socio-économiques (tels que démographie, technologie ou répartition des richesses), on ne considère pas d'évolution.

Ce choix permet d'isoler l'impact du changement climatique de celui d'autres évolutions, de ne pas ajouter des incertitudes macro-économiques aux incertitudes relatives aux aspects climatiques et d'écartier

la question du taux d'actualisation. Il reste néanmoins problématique pour certains secteurs pour lesquels une évolution socio-économique est d'ores et déjà anticipée ou pour lesquels les évolutions socio-économiques constituent un facteur déterminant de la vulnérabilité au changement climatique.

À ce stade, les travaux thématiques ne visaient pas l'exhaustivité : seuls certains impacts ont été évalués de manière quantitative.

Analyse

Les travaux réalisés, présentés de manière plus détaillée par thématique dans les sections suivantes, mettent en avant des coûts mais également des bénéfices liés au changement climatique en France métropolitaine. Pour certains secteurs, on observera à la fois des coûts et des opportunités selon l'impact étudié, si bien qu'il est parfois difficile de déterminer le signe de l'impact « net » du changement climatique. Néanmoins, au vu des analyses qualitatives et quantitatives opérées par les groupes thématiques, on peut s'attendre à un impact global négatif du changement climatique, **les coûts pouvant atteindre plusieurs centaines de millions d'euros par an pour plusieurs secteurs si aucune adaptation n'est entreprise.**

Lorsque seules les évolutions graduelles du climat sont considérées, les impacts du changement climatique peuvent rester relativement modérés, à court ou moyen terme. En revanche, **la prise en compte des événements extrêmes** conduit à un impact clairement négatif du changement climatique. À titre d'exemple, sans adaptation, les canicules pourraient engendrer des coûts pouvant atteindre plusieurs centaines de millions d'euros par an pour les secteurs de l'énergie, de la forêt ou encore de l'agriculture. L'effet cumulatif sur plusieurs secteurs et l'effet de répétition de ces événements extrêmes pourrait également aggraver la sévérité des impacts.

Politique complémentaire à l'atténuation, **l'adaptation permettra de limiter les coûts des impacts du changement climatique de manière significative**, voire de les transformer en opportunités dans certains cas. Si **l'adaptation spontanée** peut limiter certains impacts négatifs du changement climatique, il convient de souligner qu'une adaptation non organisée peut également conduire à amplifier les dommages liés au réchauffement ou à en limiter les bénéfices : c'est le cas de l'énergie, avec le développement spontané de la climatisation qui participe à augmenter la consommation d'énergie en été de manière significative et donc les émissions de gaz à effet de serre ; ou encore de l'agriculture, où une hausse spontanée de l'irrigation ne peut être compatible avec la diminution de la disponibilité de l'eau. Ceci **souligne l'importance de coordonner et d'organiser l'adaptation** afin d'éviter ces écueils.

Les impacts du changement climatique ne seront pas répartis ni uniformément, ni équitablement à l'échelle du territoire. L'analyse présentée ici se place dans

une perspective nationale globale. Une analyse différenciée des impacts devra être menée ultérieurement :

- d'un point de vue géographique, certaines régions pourraient se trouver très affectées par les changements, alors que d'autres le seraient moins et pourraient même en tirer partie ;
- d'un point de vue individuel, les acteurs ne seront pas égaux devant le changement climatique. Les individus les plus défavorisés seront probablement les plus affectés et les inégalités pourraient se creuser alors davantage.

Il est donc essentiel de veiller à **réduire les inégalités face au risque**. Cette notion fondamentale d'inégalité face au risque climatique a d'ailleurs été rappelée dans la stratégie nationale d'adaptation ainsi que dans les conclusions du rapport Stern.

Le poids des **scénarios socio-économiques** dans la vulnérabilité au changement climatique a été souligné, bien que le mandat fût d'évaluer les impacts de ce changement suivant une hypothèse d'économie constante. Pour l'ensemble des secteurs étudiés, le développement de scénarios socio-économiques à moyen et long terme cohérents à l'échelle de la France, semble constituer une priorité pour définir des mesures d'adaptation efficaces à ces horizons temporels.

L'**échelle de temps** considérée est une variable importante à prendre en compte dans la gestion de l'adaptation, notamment en termes de gouvernance. En effet, la plupart des modes de décision actuels – notamment les décisions des acteurs privés – repose sur des approches à relativement court terme. Or, les contraintes que va induire le changement climatique nécessitent des approches à long terme, volontaristes et anticipatrices. L'accompagnement des acteurs durant la **phase de « transition »** qui préparera les sociétés à l'adaptation au changement climatique implique d'identifier dès aujourd'hui les freins au changement et d'adapter certains aspects tels que l'emploi et les compétences, afin qu'ils ne deviennent pas une entrave aux transformations économiques et sociétales exigées.

Toujours en lien avec l'échelle de temps, les travaux réalisés indiquent qu'il subsiste de nombreuses incertitudes sur ce que seront les conséquences du changement climatique : il est donc nécessaire d'envisager des modes de gouvernance qui puissent à la fois se projeter sur le long terme et être évolutives à court terme.

Si les travaux se sont principalement concentrés sur les impacts du changement climatique, quelques pistes d'adaptation ont été recensées ou proposées par les différents groupes et elles sont reprises dans les synthèses thématiques.

Tableau 3. Coûts (en termes monétaires, ou impacts « physiques ») appliqués aux différents impacts élémentaires identifiés

Secteur / impact	Adaptation	2100 / Long terme	
		A2	B2
Agriculture Impacts sur le maïs (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes) Impacts sur le blé (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes) Impacts sur le maïs des canicules Impacts sur le blé des canicules Impacts sur la viticulture en Languedoc Impacts sur la viticulture en Bourgogne Impacts sur la viticulture en Bourgogne Impacts sur les prairies dans l'arc périméditerranéen	Spontanée Spontanée Sans adaptation Sans adaptation Sans adaptation Spontanée Sans adaptation Spontanée Spontanée	-439 à +65 M euros/an -13 à +147 M euros/an -120 à -192 M euros/an -209 à -334 M euros/an -26 à -12 % de rendement ¹ /an -3 à +30 % de rendement/an +35,2 % de rendement/an +53,7 % de rendement/an -250 à -200 M euros/an	-68 à +30 M euros/an +70 à +111 M euros/an -68 à -94 M euros/an -118 à -163 M euros/an -18 à -6 % de rendement/an +11 à +46 % de rendement/an +41,7 % de rendement/an +41,7 % de rendement/an
Santé Coût de la canicule 2003 pour l'assurance-maladie Coût « humain » de la canicule (années de vie perdue) Coût de l'inondation du Gard, 2002 – prise en charge psychologique en secteur libéral hors long terme	NA NA	-280 M euros à +10 M -500 M euros en 2003 -234 K euros en 2002 pour 953 personnes	
Forêt Impact sur la croissance des forêts (et donc la productivité) (volumes) – sans tenir compte du risque incendie Impact des extrêmes sur la santé des forêts (et donc la productivité) : dépérissements etc. – sans tenir compte du risque incendie	Sans adaptation Sans adaptation	Impact clairement négatif, mais non chiffré à ce stade Négatif mais non chiffré	
Énergie Impact sur la consommation ² d'électricité Impact sur la consommation ² d'électricité Impact sur la consommation ² de gaz naturel Impact sur la consommation ² de fioul Impact sur la consommation ² d'essence dans les véhicules des particuliers Impact sur la consommation ² d'essence dans les véhicules des particuliers Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité – canicule Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité – débits	Sans adaptation (climatisation) Sans adaptation (climatisation) Sans adaptation Sans adaptation Spontanée (climatisation) Sans adaptation Sans adaptation	-1,5 M tep/an +1 M tep/an -5 à -3,9 M tep/an -1,5 M tep/an +0,8 M tep/an +1,2 M tep/an -0,2 M tep/an -0,9 M tep/an	-1,2 M tep/an +1 M tep/an -3,9 à -2,5 M tep/an -0,8 M tep/an +0,6 M tep/an +1 M tep/an -0,4 à -0,3 M tep/an -0,9 M tep/an

<p>Tourisme Chiffre d'affaires estival soumis à une baisse d'attractivité climatique significative</p>	<p>Sans adaptation</p>	<p>15 à 19 Mds euros/an</p>	<p>(A1B) 10 à 18 Mds euros/an</p>
<p>Infrastructures Réseau routier national métropolitain non concédé Impact des canicules de type 2003 Impacts des submersions marines (surelévation globale d'1 mètre du niveau de la mer) Impacts du changement climatique sur les infrastructures et systèmes de transport ferroviaires, fluviaux, portuaires, autres réseaux routiers, transports en commun urbains</p>	<p>Sans adaptation Sans adaptation</p>	<p>-70 à +9 M euros/an³ -2 Mds euros/an⁴</p>	<p>Impacts non étudiés au cours de cette phase</p>
<p>Risques naturels Impacts des inondations sur cinq bassins versants Impact des canicules sur le retrait-gonflement des argiles (RGA) Impact des risques côtiers en Languedoc</p>	<p>Sans adaptation Sans adaptation Sans adaptation</p>	<p>Voir rapport du groupe</p>	<p>-480 M euros/an</p>
<p>Biodiversité Coût de la disparition des écosystèmes coralliens (fonctions de régulation) Coût des pertes de services de la forêt : fixation de carbone</p>	<p>Sans adaptation Sans adaptation</p>	<p>-1 080 M euros/an</p>	<p>-15 à 35 Mds d'euros (cumulé)</p>
<p>Eau Déficit en Eau pour satisfaire les besoins actuels en Eau potable, industrie et irrigation</p>	<p>Sans adaptation</p>	<p>-6,5 Mds de dollars</p>	<p>-304 M euros/an</p>
<p>Eau Déficit en Eau pour satisfaire les besoins actuels en Eau potable, industrie et irrigation</p>	<p>Sans adaptation</p>	<p>Négatif mais non chiffré</p>	<p>Négatif mais non chiffré</p>

Note : en raison des nombreuses limites et incertitudes, il est indispensable de se reporter aux chapitres correspondants avant toute interprétation des éléments rapportés dans ce tableau. Un signe négatif peut ainsi se traduire comme une économie ou comme une perte selon l'impact considéré.

tep : tonne équivalent pétrole.

1. La traduction de l'évolution du rendement en coûts/gains monétaires n'est pas directe en viticulture, en raison notamment d'effets sur la qualité et de la relation prix rendements.
2. Pour chauffage et refroidissement, dans le résidentiel tertiaire.
3. Appréciation forfaitaire du surcoût, obtenue par référence au budget d'entretien annuel moyen du patrimoine considéré, hors prise en compte (non chiffrée) des effets indirects, notamment ceux pouvant être causés aux fondations par la sécheresse et l'abaissement des nappes phréatiques, par les désordres géologiques affectant les falaises et le sous-sol et hors prise en compte (non chiffrée) des pertes d'usage, des impacts sur l'exploitation des réseaux routiers, sur la sécurité routière, sur l'exploitation des tunnels...
4. Chiffrage obtenu par appréciation forfaitaire de la valeur patrimoniale du linéaire de routes considéré en première approche comme exposées, hors ouvrages singuliers, hors pertes d'usage et impacts sur l'exploitation des réseaux routiers (non chiffrés).

Ressource en eau



Les messages clés

- Les impacts du changement climatique sur la ressource en eau seront multiples, tant sur l'offre (quantité et qualité) que sur la demande.
- L'un des principaux défis à l'avenir sera de faire converger une offre qui va diminuer avec une demande qui, par endroits, n'est déjà pas satisfaite et qui va augmenter avec les effets du changement climatique.
- À l'horizon 2050 on peut estimer le déficit en eau pour satisfaire les usages actuels, sans adaptation, à quelque 2 milliards de m³.
- Ces évolutions généreront des contraintes pour les usagers : agriculture, alimentation en eau potable, traitement des eaux usées, production énergétique, assainissement pluvial.
- Pour préparer l'adaptation, il est nécessaire d'améliorer la connaissance des impacts et des milieux, la modélisation des systèmes en interaction avec l'eau, organiser une surveillance des eaux (surface, souterraine) et des milieux (zones humides, littorales).

Périmètre de l'étude

De nombreux secteurs économiques seront impactés par une modification du cycle de l'eau : l'agriculture ; la production d'énergie pour le refroidissement des unités de production ou les volumes turbinables ; l'alimentation en eau potable ; l'alimentation des canaux, etc.

L'estimation du déficit pour les usagers de l'eau à l'horizon 2050 a été faite à partir d'une extrapolation des résultats d'une étude de Boé (Boé, 2007), portant sur l'évolution des débits des cours d'eau. Les impacts du changement climatique sur la ressource ne se limiteront pas à cet aspect quantitatif, tel que l'indique le tableau 4.

Tableau 4. Impacts identifiés et impacts étudiés pour l'eau

	Quantifié	Non quantifié
Augmentation de la demande (hausse des températures)		X
Modification de la ressource disponible	X	
Diminution de la qualité de l'eau		X
Augmentation de la vulnérabilité de certains écosystèmes		X
Augmentation du coût d'accès à l'eau, contrainte sur les usages, le traitement, etc.		X

Des impacts quantitatifs : le déficit de ressource disponible

Les impacts du changement climatique sur les débits seront multiples. À l'horizon 2050, Boé (2007) met en avant :

- en hiver, une diminution modérée, en moyenne d'ensemble, des débits, excepté sur le sud-est du pays et les Alpes où ils augmentent. Au printemps, faibles changements en général ;
- en été et en automne, une diminution importante des débits ;
- une forte augmentation du nombre de jours d'étiage ;
- une diminution des débits de crues bien moindre que la moyenne, voire augmentation dans certains cas ;
- une diminution de l'humidité des sols quelle que soit la saison, excepté sur des zones de montagne en hiver et/ou au printemps ;
- une forte diminution des précipitations neigeuses et des hauteurs maximales de neige accumulée à basse altitude et moindre à mesure que l'on s'élève.

En supposant que les ressources en eau soient aujourd'hui totalement exploitées en zones de répartition des eaux (ZRE) durant le printemps et l'été et, que partout ailleurs, la ressource permette de doubler les prélèvements, il a été estimé que **le déficit en eau pour satisfaire les besoins actuels des usages pour l'eau potable, l'industrie et l'irrigation serait de l'ordre de 2 milliards de mètres³ en 2050.**

Les territoires ne seront pas touchés de manière uniforme : les zones les plus vulnérables seraient les zones déjà concernées par des déficits structurels. Le coût du déficit atteindrait **5 à 10 milliards d'euros** si les volumes d'eau devaient être complètement compensés et des traitements complémentaires mis en œuvre. D'autres scénarios comprenant l'adaptation des activités économiques sont envisageables et peuvent s'avérer moins coûteux.

Limites de l'exercice

L'une des principales limites tient à l'hypothèse d'économie constante, qui ne permet pas de prendre en compte l'évolution des usages dans le calcul du déficit. Or **le rôle des évolutions socio-économiques** est fondamental : en fonction des dynamiques de population par exemple, sans adaptation, le déficit pourrait être bien supérieur au résultat présenté.

Des contraintes pour les usages

Un tel déficit impactera l'ensemble des secteurs dépendant de la ressource.

Des contraintes pour l'agriculture

Le secteur agricole, principal usager de la ressource en eau, avec 48 % de la consommation totale, sera particulièrement affecté par l'impact du changement climatique sur la ressource. Les premiers résultats du programme Climator de l'INRA (Brisson et Itier, 2009) sur le blé et le maïs montrent que la plus grande partie de la baisse des pluies se traduira pour l'essentiel par une sécheresse hydrologique et pour partie par une sécheresse édaphique en culture pluviale (blé) comme irriguée (maïs). Le confort hydrique pendant la période de production baissera de façon générale, avec un **besoin accru d'apport en eau** pour conserver les conditions actuelles de production. Or la **réduction des disponibilités** en eau devrait engendrer des contraintes de prélèvement plus importantes. De nombreuses alternatives culturales à des systèmes de monoculture à base de céréales sont possibles et pourront être privilégiées pour s'adapter à ces évolutions.

Des contraintes pour l'eau potable

L'alimentation en eau potable (AEP) représente près de 18 % des prélèvements d'eau. Si, aujourd'hui, il n'y a pas de problèmes majeurs d'AEP, les bassins seront confrontés à de plus fréquentes pénuries d'eau en raison du changement climatique, même en l'absence d'une hausse de la demande. **La dégradation de la qualité de la ressource, accentuée par le changement climatique réduirait encore l'offre en eau douce utilisable à des fins domestiques.** Ces évolutions pourraient avoir pour conséquence une hausse du prix de l'eau (difficultés de mobilisation, coûts de traitement).

Des contraintes pour l'assainissement des eaux usées

En cas de baisse du régime des cours d'eau, le maintien des standards environnementaux imposera **une intensification du traitement des eaux usées et donc du coût du traitement.** Certains impacts du changement climatique sur les réseaux de traitement des eaux seront positifs (réactions biologiques accélérées), d'autres négatifs (consommation énergétique supplémentaire, problèmes liés aux odeurs, accélération des phénomènes de corrosion). Les politiques de gestion de crise devront s'organiser pour faire face à des risques – notamment sanitaires – accrus.

Des contraintes pour l'assainissement pluvial

Face à un risque de ruissellement urbain augmenté (pluies violentes, engorgement des réseaux d'évacuation), il sera nécessaire et sans regret, de **revoir les règles de dimensionnement des ouvrages d'évacuation et de récupération des eaux pluviales.**

Des contraintes pour les industries et la production d'énergie

Si, actuellement, l'impact quantitatif du secteur de production d'énergie sur la ressource en eau est relativement modéré, son **impact qualitatif n'est pas négligeable** (température de l'eau, contamination par des biocides). Les impacts du changement climatique sur l'eau affecteront la production énergétique par deux biais :

- diminution du rendement de refroidissement en cas d'augmentation combinée de la température de l'air et de la température de l'eau associée à un faible débit ;
- répercussion des conflits d'usages sur la gestion des ouvrages hydro-électriques.

Des contraintes pour la gestion des grands ouvrages

La modification des écoulements et des débits extrêmes est susceptible d'affecter la **gestion des grands barrages**. Ceci nécessiterait une prospective spécifique.

Des impacts non négligeables sur la qualité

La qualité et la quantité des eaux sont interdépendantes. (Ducharne *et al.*, 2004) ont étudié l'impact du changement climatique sur la minéralisation de l'azote du sol en nitrates, modulée par les changements de pluviométrie et par l'activité agricole. D'après leurs résultats, en moyenne sur les nappes libres, la concentration en nitrates augmente à l'horizon 2100, de 0 à 33 % par rapport à la concentration actuelle. Dans les cours d'eau, l'impact du changement climatique se traduit par une augmentation de la concentration en nitrate, mais moins importante que dans les aquifères.

L'adaptation

Les mesures d'adaptation seront locales et toucheront les écosystèmes, l'agriculture, l'eau potable, la gestion des inondations, la démographie, l'énergie, etc., et elles reposeront sur une alchimie complexe entre adaptation des besoins et adaptation de l'offre. Les mesures d'adaptation identifiées sont présentées au tableau 5.

Tableau 5. Mesures d'adaptation préconisées

Adaptation de la demande	<p>Par l'économie, modification des activités ou substitution à une autre ressource Réduire la consommation domestique : – économies actives et économies passives (modification des technologies et standards de fabrication) Réduire la consommation agricole : – réduction du besoin en eau d'irrigation en acceptant une perte de rendement moins que proportionnelle à la réduction du volume apporté – réduction du volume d'irrigation – diversification des calendriers d'arrosage – optimisation de l'efficacité de l'eau apportée quand l'arrosage est justifié – mise en place de systèmes agricoles plus robustes et moins exigeants en eau – définition d'une politique de diminution des intrants azotés</p>
	<p>Par l'aménagement du territoire Promouvoir une planification efficace de l'aménagement du territoire aux niveaux appropriés</p>
	<p>Par l'adaptation de la demande énergétique Améliorer le rendement des centrales de production Mettre en place une gestion par chaîne d'ouvrages hydro-électriques Limiter l'installation des nouvelles centrales thermiques ou nucléaires aux zones littorales</p>
Adaptation de l'offre	<p>Par le développement de nouvelles infrastructures Mettre en place des infrastructures d'approvisionnement en eau supplémentaires pour pallier les sécheresses sévères</p>
	<p>Par l'intervention sur les débits d'objectif Réviser les objectifs de débits en période d'étiage et de crise en respectant les dispositions de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE)</p>

Perspectives et recommandations

Les perspectives de recherche pour améliorer la **compréhension des impacts du changement climatique** sur l'eau sont nombreuses. Elles sont présentées au tableau 6.

Tableau 6. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	<p>Améliorer les connaissances sur les impacts observés et prévus sur la qualité de l'eau, l'hydrologie passée, le fonctionnement des milieux, les usages de l'eau</p>
	<p>Mieux caractériser les sécheresses</p>
	<p>Améliorer les modèles hydrométéorologiques, prendre en compte les transferts vers les eaux souterraines, les variations d'occupation des sols et l'état de la végétation</p>
	<p>Améliorer la prévision des bas débits, et la régionalisation des études</p>
	<p>Caractériser le territoire en hydro-éco-régions homogènes</p>
	<p>Réaliser, à l'échelle du bassin, des analyses coûts-bénéfices</p>
Besoin de suivi et d'observation	<p>Réaliser des recherches sur les technologies d'économie d'eau, de traitement ou de recyclage</p>
	<p>Améliorer les réseaux de surveillance des eaux de surface et souterraines</p>
	<p>Réaliser une cartographie des zones humides (inventaire, caractérisation et suivi)</p>
	<p>Réaliser une cartographie des pressions sur la ressource (prélèvements, trafic fluvial...)</p>

Risques naturels et assurances



Les messages clés

- Le changement climatique a un impact certain sur les risques naturels, et il devrait **toucher davantage des territoires spécifiques** (littoral, zones d'argiles...) que l'ensemble du territoire métropolitain.
- Le coût des dommages aux logements lié à l'aléa **retrait-gonflement** des sols argileux pourrait être **multiplié par un facteur compris entre 3 et 6 d'ici 2100**, selon le scénario, sans prise en compte de l'évolution de l'urbanisation.
- S'agissant des **inondations par débordement de cours d'eau**, il ne se dégage pas vraiment, dans les exemples retenus à titre d'illustration, de signal très fort sur le dommage moyen annuel, même si, sur certains bassins (Orb, Meuse), on envisage une augmentation significative.
- Une question essentielle se pose pour les **risques côtiers**, qui sans adaptation, pour la seule région Languedoc-Roussillon, pourraient coûter près de **15 milliards d'euros d'ici 2100** en termes de logements détruits.
- Concernant les **aléas gravitaires** enfin, l'impact du changement climatique reste incertain.

Périmètre de l'étude

Quatre aléas ont été étudiés en détail : **le risque d'inondation** sur cinq bassins versants, **le risque côtier** en Languedoc-Roussillon (submersion et érosion), le risque lié au **retrait-gonflement des sols argileux** (RGA) sous l'effet de la sécheresse et **les aléas gravitaires** (crues torrentielles, avalanches, glissements de terrain, effondrements de cavités, éboulements rocheux).

Seuls les dommages aux logements et au bâti ont fait l'objet d'une évaluation⁴ : les impacts directs sur les infrastructures, en termes de santé ou encore de biodiversité n'ont pas été évalués.

4. Les impacts du RGA et des submersions sur les infrastructures de transport ont été étudiés par le groupe « Infrastructures de transport et cadre bâti ». Les impacts des inondations sur la santé ont été étudiés par le groupe « Santé ». La thématique feux de forêts est abordée par le groupe « Forêt ».

Tableau 7. Impacts identifiés et impacts étudiés : risques naturels

	Quantifié	Non quantifié
Aléas étudiés		
Inondations fluviales	X (partiellement, avec seulement certains bassins)	
Inondations par remontée de nappes		X
Risques côtiers	X (partiellement, seulement Languedoc-Roussillon et sans prise en compte de l'érosion)	
Retrait-gonflement des argiles	X	
Feux de forêt		X
Tempêtes		X
Impacts étudiés		
Coûts directs aux logements	X	
Coûts directs aux entreprises		X
Impacts sanitaires		X
Impacts indirects		X

Les conséquences de l'évolution temporelle des enjeux ne sont pas prises en compte, en termes quantitatifs, à l'exception d'une étude comparative des impacts du changement climatique et de l'évolution des enjeux sur le risque de RGA à l'horizon 2030. Il faut souligner cependant que, dans bien des cas, on s'attend à ce que **cette évolution des enjeux ait un impact plus conséquent sur l'évolution des risques que celui du changement climatique** ; c'est ce que l'on observe ces dernières années.

Le retrait-gonflement des sols argileux

Les sécheresses estivales sont responsables de la majorité des sinistres liés au RGA.

La quasi-totalité des départements sont concernés à des degrés divers et près de 400 000 maisons individuelles sont situées en zone d'aléa fort. La hausse de fréquence et d'intensité des sécheresses en lien avec le changement climatique devrait amplifier le risque de RGA. En l'absence d'urbanisation nouvelle, l'analyse réalisée fait état d'un **coût moyen annuel des dommages passant d'environ 220 millions d'euros (référence sur la période 1989-2003) à 700 millions d'euros (scénario B2) ou 1 300 millions d'euros (scénario A2) en 2100** ; il est donc multiplié par un facteur compris entre 3 et 6.

Si on prend en compte une évolution des enjeux d'ici 2030 (urbanisation), malgré les efforts d'adaptation, les coûts augmentent significativement. **Le coût augmente d'environ 17 % sur la période 2010-2030 lorsque le nombre de maisons individuelles croît de 0,925 % par an.**

En posant l'hypothèse que, pour les nouvelles maisons individuelles, le surcoût de l'adaptation s'élève à 15 % (**adaptation des fondations**), le changement climatique augmente le périmètre des zones pour lesquelles celle-ci est rentable.

Les inondations

L'impact du changement climatique sur les précipitations extrêmes et donc sur les inondations est **délicat à évaluer** à partir de simulations de modèles climatiques. Un exercice d'évaluation quantifiée est néanmoins réalisé sur une sélection de bassins versants sur lesquels des données relatives aux dommages observés existent : **la Seine en Île-de-France, la Meuse dans les Ardennes, la Loire moyenne entre Nevers et Angers, le Rhône et l'Orb**. Ont été définis, à dire d'experts et au vu de la connaissance actuelle, des scénarios raisonnables d'impacts du changement climatique sur l'hydrologie, à l'échelle de ces bassins versants.

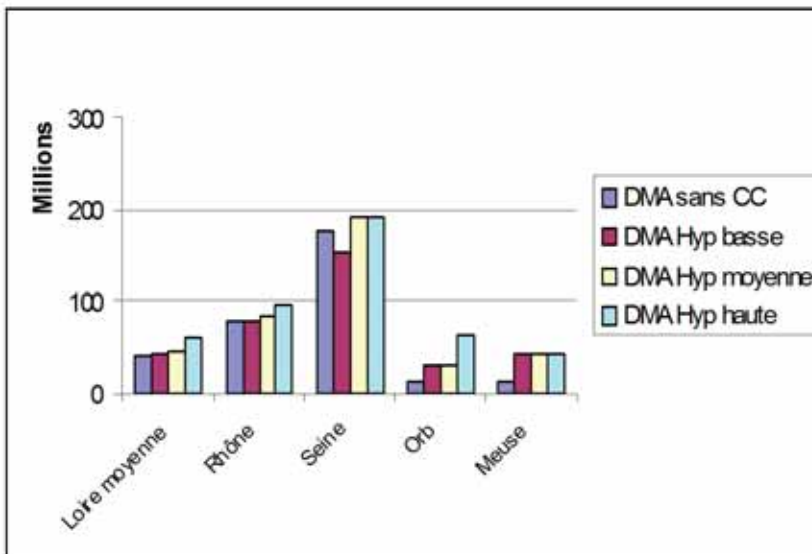
Tableau 8. Variation du débit de pointe, hypothèses basse, moyenne et haute retenues sur les bassins versants d'illustration

	Hypothèse basse	Hypothèse moyenne	Hypothèse haute
Loire	+ 5 %	+ 10 %	+ 20 %
Seine	-10 % (à partir de Q100 ¹)	+ 10 % (à partir de Q100)	
Rhône	5 % (à partir de Q100)	10 % (à partir de Q100)	20 % (à partir de Q100)
Meuse		10 %	
Orb	10 %	25 %	50 %

1. Q10 = période de retour actuelle dix ans, Q100 = période de retour cent ans.

Sous ces hypothèses, on peut conclure que les évolutions de dommages **ne sont pas significatives sur la Seine, le Rhône et la Loire moyenne**; et **sont très importantes sur la Meuse et l'Orb**. Ces estimations doivent être cependant interprétées avec prudence.

Graphique 1. Dommages moyens annuels sur les sept bassins versants
(en millions d'euros 2007)



Le risque côtier

Sous l'hypothèse d'une élévation du niveau marin d'**1 mètre**, les aléas côtiers s'aggraveront sensiblement, notamment pour les côtes sableuses et les falaises de roches tendres. Les côtes basses subiront une érosion ou des submersions définitives et de nouvelles zones seront l'objet de submersions temporaires. **140 000 logements et 80 000 personnes** (contre 15 000 logements aujourd'hui) ainsi que 10 000 établissements (employant 26 000 salariés) sont situés dans une zone affectée par un aléa submersion définitive ou érosion d'ici 2100 **dans la région Languedoc-Roussillon**. En l'absence d'une politique de gestion du trait de côte, le coût des dommages liés aux aléas « submersion permanente » et érosion est évalué entre **15 et 35 milliards d'euros pour la seule région Languedoc-Roussillon**.

Les aléas gravitaires

L'impact du changement climatique sur les aléas gravitaires est **difficile à apprécier**, du fait de la nature même des phénomènes en jeu, de la complexité des liens entre les aléas considérés et les divers facteurs de prédisposition et de déclenchement. À ce stade, il n'a pas été proposé d'évaluation chiffrée pour cet aléa. En première approximation, on peut cependant retenir **la possible augmentation des événements superficiels et/ou fréquents les plus directement reliés aux précipitations hivernales** et les conséquences financières importantes en cas de blocage de voies de communication en montagne et en hiver. On peut aussi noter l'impact potentiel du changement climatique sur les glaciers et le pergélisol, sur l'intensité des crues et laves torrentielles et sur la stabilité des parois rocheuses.

Limites de l'exercice

Les limites des évaluations proposées tiennent principalement :

- au périmètre restreint des coûts étudiés ;
- à l'incertitude sur l'évolution des risques et aux hypothèses posées ;
- au scénario à économie constante ;
- aux échelles spatiales diverses empêchant toute agrégation ;
- aux connaissances à des échelles spatiales parfois grossières par rapport aux phénomènes en jeu.

L'adaptation

L'adaptation au changement climatique doit permettre de poursuivre l'action de prévention, voire la renforcer par la mise en place de stratégies « sans regret ». Le tableau 9 présente les pistes d'adaptation préconisées.

Tableau 9. Mesures d'adaptation préconisées

Adapter la politique actuelle de gestion du risque de catastrophe à une situation climatique changée	Amélioration des connaissances, réseaux de mesure et de suivi, approches multirisques, accentuation des systèmes de vigilance et d'alerte, renforcement des politiques actuelles par des mesures « sans regret », gestion globale et coordonnée à l'échelle des bassins de risques
Retrait-gonflement des argiles	Adaptation des fondations des maisons individuelles
	Mise en place de dispositions plus globales telles que celles préconisées dans les règlements des plans de prévention des risques naturels (PPRN)
Risques côtiers	Prise en compte du changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification
	Développement de systèmes de vigilance et d'alerte
	Analyse des effets de mesures de type recul stratégique/ restauration du fonctionnement naturel/maintien du trait de côte
Inondations	Formulation de réponses adaptées en fonction de chaque bassin-versant (dans le cadre des plans tels que programmes d'action de prévention des inondations et plans de gestion grands fleuves)
	Adaptation des actions aux situations rencontrées (préparation à la gestion de crise, prévision, sensibilisation, ouvrages de protection, adaptation de la réglementation de l'usage des sols)
	Étude des réponses au risque de ruissellement urbain

Perspectives et recommandations

Les travaux réalisés ont fait émerger les besoins et pistes suivants pour poursuivre l'analyse des impacts du changement climatique sur les risques naturels.

Tableau 10. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	Améliorer la connaissance de la variabilité climatique au cours des prochaines décennies
	Améliorer les connaissances sur le ruissellement urbain, les réactions du sol et les aléas gravitaires
	Analyser l'aspect « réseau » et les impacts intangibles
	Caractériser l'amplification des dommages résultant d'un événement « généralisé »
	Réaliser une analyse exhaustive de l'impact sur les régimes hydrologiques
	Réaliser une analyse exhaustive du recul du trait de côte
Besoin de suivi et d'observation	Mener des études sur le rôle de l'assurance
	Réaliser un recensement/une cartographie complète des enjeux
	Mettre en place un suivi et des bases de données nationales sur les dommages ; réaliser une cartographie des dommages actuels
	Améliorer l'observation du coût économique du ruissellement
	Améliorer la précision des données altimétriques

Biodiversité



Les messages clés

- On observe d'ores et déjà **des signes de modification de la biodiversité** attribuables aux **changements graduels** induits par le changement climatique.
- Les **événements extrêmes** ont également des effets sur la biodiversité, de nature à perturber les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements graduels.
- En dépit des fortes incertitudes, les différents modèles **convergent sur le sens des évolutions à venir** : modification des limites des grandes zones biogéographiques et changements d'aires de répartition d'espèces, dissociation des communautés d'espèces animales et végétales et leur recombinaison, et même disparition totale de certains écotypes.
- L'évaluation économique de ces évolutions se concentre sur les pertes de **services écosystémiques** (services de régulation) et ne considère pas à ce stade les multiples valeurs associées aux apparitions et disparitions d'espèces ou autres composantes de la biodiversité remarquable.
- Des **pertes économiques significatives** liées à la diminution voire la disparition de services de régulation sont à attendre en particulier dans la seconde moitié du XXI^e siècle.
- L'adaptation au changement climatique passera par une amélioration des connaissances des impacts du changement climatique, notamment s'agissant des effets croisés et des **interactions avec les autres secteurs**.

Des impacts d'ores et déjà observables

Bien qu'il soit parfois difficile d'isoler les impacts du changement climatique des autres pressions subies par les écosystèmes (urbanisation, pollutions, changement d'usage des sols...) et bien que la problématique soit très différenciée selon les écosystèmes et les espèces, **des signes de modification de la biodiversité attribuables aux changements graduels induits par le changement climatique sont d'ores et déjà observables**, à tous les niveaux d'organisation (génétique, spécifique, écosystémique), et dans tous les milieux (terrestres, aquatiques, marins). Ainsi, les limites entre les zones climatiques se déplacent actuellement sur le territoire métropolitain et entraînent le déplacement des cortèges d'espèces qui leur sont inféodés.

Les **événements extrêmes**, dont la fréquence et l'intensité sont susceptibles d'être accrues, ont également des effets sur la biodiversité, de nature à perturber les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements graduels.

Des impacts futurs à anticiper

En dépit des fortes incertitudes attachées aux résultats des modélisations, les différents modèles convergent sur le sens des évolutions à venir. Au vu des changements annoncés, on anticipe non pas une simple **modification des limites des grandes zones biogéographiques et des changements d'aires de répartition d'espèces**, mais aussi une **dissociation des communautés d'espèces** animales et végétales et leur recomposition.

Le **taux de renouvellement** pour les différents groupes d'espèces sera probablement important sur l'ensemble du territoire français, y compris dans les aires protégées.

En un lieu donné, du fait des différences de capacité de colonisation des espèces, on peut s'attendre à une latence entre la disparition des cortèges actuels et l'arrivée de nouveaux.

Certaines populations isolées le seront davantage.

Typologie des différents impacts du changement climatique sur la biodiversité

1) Les **effets directs (de type I)** relèvent de l'action de modifications climatiques sur les caractéristiques d'espèces, écosystèmes et fonctionnalités écologiques. Ils concernent :

- la physiologie des individus ;
- leur comportement ;
- la diversité et l'abondance d'espèces en un lieu donné ;
- leur distribution géographique ;
- la structure des communautés ;
- la phénologie ;
- la surface occupée par des milieux naturels.

2) Les **effets indirects de type II** sont les effets du changement climatique sur les principales pressions à l'origine de l'érosion de la biodiversité :

- surexploitation des sols ;
- pollution, fragmentation des milieux ;
- espèces envahissantes et agents pathogènes ;
- incendies.

3) Les **effets indirects de type III** sont les conséquences sur la biodiversité de la réaction des différents secteurs d'activité, qu'il s'agisse d'atténuation, d'adaptation spontanée ou planifiée.

4) Les **effets de type IV** sont, par rétroaction, les impacts de la biodiversité sur le changement climatique, tant en matière d'atténuation que d'adaptation.

Des coûts importants associés à la perte de services écosystémiques

L'une des conséquences de la perte de biodiversité sera la diminution éventuelle des services écosystémiques et, corrélativement, du bien-être humain. Différentes catégories de services écosystémiques (*Millenium Ecosystem Assessment France*) peuvent être distinguées :

- les **services d'approvisionnement** (production de biens) tels que : support de production agricole, production de bois, aquaculture, prélèvement d'eau à usage domestique, etc. ;
- les **services de régulation** (production de services) tels que : prévention des crues et des inondations, régulation de l'érosion et des coulées de boues, régulation des espèces envahissantes, régulation du climat, etc. ;
- les **services à caractère social** (production de services) tels que : le paysage, la valeur de la biodiversité et le patrimoine, la chasse, etc.

La démarche d'évaluation économique choisie est fondée sur les **effets directs du changement climatique (impacts de type I)** et sur **les services écosystémiques de la biodiversité générale** appliqués aux **services de régulation** rendus par les écosystèmes coralliens et forestiers.

Le cas des récifs coralliens

Les récifs coralliens subiront des blanchissements de plus en plus fréquents du fait de l'augmentation de température de l'eau. En outre, leur capacité de calcification pourrait diminuer en raison de l'acidification de l'eau. Ces phénomènes mettent en péril ces écosystèmes fragiles et les services qu'ils rendent.

Sont évalués les services de régulation (protection côtière, fixation du carbone, épuration de l'eau), à partir d'une extrapolation à la Polynésie, puis à l'ensemble des récifs coralliens construits français, des valeurs d'une étude concernant l'île de Moorea (Charles, 2006).

D'après ces données, on peut estimer la valeur des services rendus par les récifs à **6,3 milliards de dollars/an pour la protection côtière et 140 millions de dollars/an pour l'épuration de l'eau** (dégradation de la matière organique et filtration des matières en suspension). Un cas extrême, qui verrait la disparition de la totalité des récifs coralliens, conduirait ainsi à une **perte monétaire nette s'élevant à minima à environ 6,5 milliards de dollars/an pour les seuls services de régulation** étudiés ici.

Le cas de la forêt métropolitaine

La valorisation de ces services a été étudiée, notamment dans le cadre du rapport du Centre d'analyse stratégique (CAS, 2009). **Les services de régulation représentent une valeur économique majeure** : près de huit fois la valeur moyenne de la seule production de bois si l'on se limite aux seuls services de fixation et de stockage du carbone et de production d'eau potable.

Une évaluation économique des pertes de service de stockage de carbone a été réalisée, en se basant sur la **différence de productivité actuelle entre les forêts méditerranéennes et celles du reste de la France**. En estimant que ces forêts de type méditerranéen, qui occupent actuellement 9,1 % du territoire métropolitain, en occuperont en 2100 entre 19 % (selon B2) et 37 % (selon A2), la perte de productivité se situerait entre 6 et 16 %, soit **une perte économique, en termes de flux de carbone stocké, comprise entre 304 et 589 millions d'euros**. Ces valeurs sont peut-être optimistes car il est possible que, dans la phase de transition, les forêts nouvellement soumises à un régime climatique de type méditerranéen soient même moins productives que les forêts méditerranéennes.

L'adaptation

Plusieurs catégories de mesures d'adaptation planifiée pour la biodiversité ont été identifiées, s'alimentant les unes les autres :

Tableau 11. Mesures d'adaptation préconisées

Améliorer les connaissances scientifiques et opérationnelles	Amélioration des connaissances, réseaux de mesure et de suivi, approches multirisques, accentuation des systèmes de vigilance et d'alerte, renforcement des politiques actuelles par des mesures « sans regret », gestion globale et coordonnée à l'échelle des bassins de risques
Intégrer les enjeux du changement climatique aux politiques existantes de conservation et de gestion de la biodiversité	Renforcer les efforts de réduction des pressions sur la biodiversité autres que le changement climatique afin d'augmenter la résilience des écosystèmes
	S'assurer de l'intégration des problématiques liées à la biodiversité dans toutes les politiques, générales et sectorielles, d'atténuation et d'adaptation au changement climatique afin de maximiser les cobénéfices Espèces, espaces protégés (y compris les parcs naturels régionaux), projets de territoire, réseaux écologiques et connectivité
Intégrer de nouveaux principes et outils dans ces mêmes politiques publiques	Promouvoir la gestion adaptative
	Concilier la sauvegarde d'un maximum d'espèces et une approche fonctionnelle afin d'assurer le maintien des propriétés des écosystèmes et des services qui en dépendent
Promouvoir une gouvernance intégrée	Élaborer un arbre de décision permettant de définir les modalités d'intervention ou de non-intervention les plus adéquates
	Proposer un schéma général de gouvernance organisant les dispositifs de pilotage et d'animation existants pour gérer toutes les dimensions de la biodiversité et des services écosystémiques aux échelles spatio-temporelles adéquates
Sensibiliser et mobiliser l'ensemble des acteurs	Promouvoir les stratégies/mesures qui impliquent les usagers et acteurs locaux
	Développer les recherches en sciences sociales sur l'acceptation des mesures d'adaptation

Une nécessaire réflexion sur les effets croisés et les interactions

Les effets indirects du changement climatique sur la biodiversité pourraient être au moins aussi importants que les effets directs. Il est dès lors essentiel **d'étudier les effets croisés entre la biodiversité et les différents secteurs d'activités**, eux-mêmes touchés par le changement climatique, afin de préciser notamment dans quelle mesure les **stratégies d'adaptation de ces secteurs peuvent avoir des conséquences sur la biodiversité**.

L'analyse des effets du changement climatique implique donc *a minima* de mieux identifier ces effets indirects et de tout faire pour minimiser rapidement l'ensemble des pressions actuelles et futures, afin de permettre à la biodiversité d'affronter « sans handicap » le changement climatique.

Perspectives et recommandations

L'amélioration des connaissances est essentielle pour proposer des mesures d'adaptation efficaces.

Tableau 12. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	Intensifier les collaborations interdisciplinaires et intersectorielles
	Étudier les réponses des espèces et populations au changement climatique et leur potentiel d'adaptation
	Développer des connaissances sur les nouveaux habitats et espèces
	Mieux caractériser les microrégulations climatiques
	Étudier les écotones, les zones refuges et les gradients
	Étudier les processus de changement à des échelles multiples
	Renforcer les connaissances de la biodiversité en zone urbaine
	Développer des modèles prédictifs plus complets et performants
	Résoudre les problèmes de compatibilité d'échelle
	Développer des modèles adaptés aux terres d'outre-mer
Besoins de suivi, d'observation	Maintenir, améliorer ou mettre en place des programmes et outils de suivi de la biodiversité
	Utiliser les espaces protégés comme socles d'observation et territoires de référence pour étudier les effets du changement climatique
	Observer et mesurer l'impact du changement climatique et des mesures d'adaptation sur le stock et le stockage de carbone et de méthane par les écosystèmes

Santé



Les messages clés

- Les travaux se sont concentrés sur deux retours d'expérience d'événements extrêmes : **la canicule de 2003** (coût financier et vies humaines perdues) et **l'inondation du Gard de 2002** (coût pour l'assurance-maladie de la prise en charge des troubles psychologiques).
- En termes de coûts strictement financiers (assurance-maladie), **la canicule de 2003 ne semble pas avoir engendré de dépenses significatives**, du fait d'une neutralisation entre des coûts supplémentaires (prise en charge des pathologies) et des coûts évités (décès prématuré des consommateurs de soins).
- En revanche, **en prenant en compte certains coûts « indirects » (valeur des vies perdues)**, on aboutit pour la société à un **coût dépassant 500 millions d'euros**.
- **L'inondation du Gard en 2002** a engendré une nette hausse de consommation de psychotropes, avec un **coût pour l'assurance-maladie supérieur à 230 000 euros** dans les communes sinistrées.
- Du fait du manque de données exploitables, les données avancées doivent être interprétées avec prudence. Afin d'améliorer ce type d'évaluation, un travail de réflexion collective réunissant les divers intervenants lors des différentes catastrophes devrait être entrepris pour identifier **des paramètres et indicateurs communs d'une part aux catastrophes de même type et d'autre part à l'ensemble des situations de catastrophe**.

Périmètre de l'étude

L'analyse se concentre sur deux événements historiques, qui ne sont pas *a priori* liés au changement climatique mais dont on peut penser que ce dernier accroîtra la fréquence et l'intensité au cours du XXI^e siècle :

- la canicule de 2003, qui a eu des conséquences sanitaires importantes en termes de mortalité prématurée et de morbidité aggravée, et pourrait devenir la norme d'ici la fin du siècle ;
- le coût de l'inondation du Gard en 2002, au cours de laquelle de nombreuses personnes ont été sinistrées.

Les impacts du changement climatique sur la santé ne se limitent pas pour autant aux impacts des événements extrêmes, comme l'indique le tableau 13.

Tableau 13. Impacts identifiés et impacts étudiés : santé

	Quantifié	Non quantifié
Risques sanitaires liés aux vecteurs, réservoirs microbiologiques, cyanobactéries et micro-algues		X
Exposition accrue aux rayonnements solaires		X
Baisse de la mortalité hivernale		X
Dégradation de la qualité chimique de l'air, augmentation des pollens		X
Canicules	X*	
Inondations	X*	
Impacts sanitaires des autres risques naturels (feux de forêt, mouvements de terrain...)		X
Baisse de la qualité de l'eau		X
Coûts indirects	X*	
Coûts intangibles		X

* Partiellement évalués.

La canicule de 2003 : un coût élevé en termes de vies humaines perdues

La canicule de 2003 en France a provoqué une surmortalité observée de **14 800 personnes** entre le 1^{er} et le 20 août, principalement des personnes âgées : au total, 82 % des décès attribuables à la vague de chaleur ont touché des personnes âgées de 75 ans et plus.

L'évaluation de l'impact financier de la canicule sur la santé a reposé en grande partie sur des publications de l'Institut national de veille sanitaire (InVS) en 2003 (mortalité) ainsi que sur une étude épidémiologique détaillée réalisée par ce même organisme en 2006, portant sur deux cohortes représentant près de 2 300 personnes (morbidité). En termes strictement financiers, un événement de type 2003 se traduit par :

- des coûts supplémentaires engendrés par la prise en charge des patients dont l'état de santé a été affecté par la canicule ;
- des coûts évités par les décès de personnes âgées consommatrices de soins.

Que ce soit en ville ou à l'hôpital, il n'apparaît sur l'année 2003 aucun sursaut manifeste des dépenses, ni même de déclin soudain. Ceci laisse penser que, pour l'équilibre budgétaire de l'assurance-maladie, les différents effets de coûts produits et de coûts évités ont fini à moyen terme par se neutraliser.

La prise en compte de la valeur que peuvent représenter les années de vie perdues (coûts indirects) modifie sensiblement les conclusions de l'analyse. En estimant la valeur, pour la société, des années de vie perdues à 37 500 euros par an, sur la base des recommandations du rapport Boiteux (Boiteux, 2001), **on estimerait la valeur perdue par notre société du fait de la canicule 2003 à un peu plus de 500 millions d'euros dans l'hypothèse d'une perte moyenne d'une année de durée de vie par personne décédée.** À ces coûts, s'ajoute la valeur de la perte de qualité de vie des personnes âgées, ayant vu leur état de santé se dégrader (plus de 13 000 personnes de 70 ans et plus), qui n'a pas pu être chiffrée.

Le coût du Plan national canicule

Depuis 2004, le ministère de la Santé a mis en place un Plan national canicule (PNC) permettant de déployer des mesures de gestion en cas de vague de chaleur dangereuse pour la santé. L'alerte est déclenchée sur la base de dépassements de seuils de températures, selon les critères définis par un système d'alerte canicule et santé (SACS). Le PNC a été mis en œuvre lors de la canicule de 2006 et son efficacité a été bonne.

À titre indicatif, une estimation du coût du SACS a été réalisée en 2005. Le coût de la préparation du système d'alerte a été chiffré à 286 933 euros. Le coût du fonctionnement entre le 1^{er} juin et le 31 août a été chiffré à 454 006 euros, soit un coût global de **740 939 euros**. Il s'agit principalement de coût humain comptabilisant les ressources humaines de l'InVS, des cellules interrégionales d'épidémiologie (CIREs), de Météo-France et de la Direction générale de la santé (DGS), pour la collecte des données et leur interprétation.

L'inondation du Gard en 2002 : une consommation de psychotropes en hausse

L'analyse réalisée ici présente une évaluation de l'impact financier pour l'assurance-maladie des conséquences psychologiques faisant suite à l'inondation du Gard, qui a eu lieu du 8 au 10 septembre 2002 (Six *et al.*, 2008). Elle se base sur l'étude du CIRE-sud (cellule interrégionale d'épidémiologie) s'appuyant sur des données de la Mutualité sociale agricole (MSA).

L'étude compare alors la période des trois semaines suivant l'inondation à deux périodes de références d'une durée de trois semaines, l'une en juin 2002 et la seconde en septembre 2003.

L'analyse fait état d'une augmentation significative du taux de délivrance de nouveaux traitements psychotropes dans les trois semaines suivant l'inondation dans les communes sinistrées. La consommation d'antidépresseurs a ensuite été observée pour les six mois qui ont suivi l'inondation. Le bilan fait état d'une consommation plus fréquente, par rapport à la période de référence de juin 2002.

Rapportée aux données de population du Gard du recensement 1999 de l'INSEE, l'augmentation de l'incidence des prescriptions se traduit par une **augmentation de 953 personnes consommatrices de psychotropes** au-delà de ce que l'on observe habituellement. Parmi elles, **141 ont consommé, en plus de ce traitement, des antidépresseurs**. Le coût total de la prise en charge a été estimé à **233 000 euros environ** pour 953 personnes, ce qui équivaut à un coût moyen de 245 euros par personne.

Ce coût peut paraître relativement modeste au regard des risques considérés. Toutefois, il doit être interprété comme un **coût minimum**, dans l'hypothèse où les affections traitées ne relèvent pas de pathologies lourdes. Dans la littérature, il apparaît par ailleurs que les personnes peuvent être affectées plusieurs mois à plusieurs années après une catastrophe de type inondation.

Enfin, il faut rappeler que **ces estimations sont limitées aux coûts directs pris en charge par les dispositifs de solidarité collective**. Elles ne prennent pas en compte ni les coûts directs supportés par les personnes touchées et leur entourage, ni les coûts indirects liés à l'impact des pathologies sur l'activité, ni les coûts intangibles du retentissement de la maladie sur la qualité de vie.

Limites de l'exercice

Les limites de l'exercice réalisé tiennent principalement au **caractère restreint du périmètre des évaluations** : la difficulté ici réside en l'absence de données adéquates, tant sur le plan économique (limité ici aux dépenses de l'assurance-maladie) que sur les données épidémiologiques nécessaires pour ce type d'études. De ce fait, de très **nombreuses hypothèses** ont dû être posées, amenant à considérer les résultats avec une extrême précaution.

L'adaptation

L'adaptation dans le secteur de la santé prendra des formes multiples, telles que présentées dans le tableau 14, en fonction de l'échelle de temps à laquelle les mesures pourraient être mises en œuvre.

Tableau 14. Mesures d'adaptation préconisées

	Plan canicule (déjà en œuvre)
Court terme	Mettre en place une structure interministérielle chargée de coordonner les compétences nationales en matière d'étude des conséquences sanitaires du changement climatique
	Mettre en place ou renforcer la surveillance des facteurs sanitaires et environnementaux pouvant être modifiés par le changement climatique : <ul style="list-style-type: none"> – surveillance des populations vectorielles et d'hôtes réservoirs – surveillance de la qualité de l'air et des eaux continentales, côtières et estuariennes, et des sols – surveillance des rayonnements naturels – surveillance des résistances et des adaptations des agents pathogènes – surveillance des pneumallergènes
	Mettre en place et généraliser des plans de réponse aux phénomènes météorologiques extrêmes incluant l'étude systématique des effets sanitaires (somatiques et psychologiques) de ces phénomènes
	Évaluer les plans existants
	Organiser la prise en charge des populations fragiles et à risque de fragilité face aux phénomènes climatiques extrêmes
	Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique aux formations des professions de santé
Moyen terme	Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique dans les messages et campagnes d'information à destination du public et notamment à destination des adolescents
	Surveiller l'impact sanitaire des modifications de la diversité biologique (flore et faune)
	Observer les événements de mutation des agents infectieux et de leurs hôtes, notamment en lien avec les rayonnements naturels

Source : recommandations de la commission « maladies transmissibles » du Haut Conseil de la santé publique.

Perspectives et recommandations

De nombreuses pistes ont été identifiées, afin d'affiner ce type d'analyse. Elles concernent tant des besoins de recherche complémentaires que des besoins de suivi et d'observation.

Tableau 15. Besoins de recherche, suivi et observation

Besoins de recherche	Mieux caractériser les coûts intangibles (qualité de vie)
	Clarifier les difficultés méthodologiques soulevées par les évaluations économiques
	Améliorer la qualification de la catastrophe naturelle, la définition d' indicateurs d'exposition et de zones exposées
Besoin de suivi et d'observation	Procéder à des retours d'expérience et des évaluations systématisées et homogènes à l'échelle du territoire national
	Mener une réflexion collective sur les paramètres et indicateurs communs d'une part aux catastrophes de même type et d'autre part à l'ensemble des situations de catastrophe, qui permettraient de proposer des évaluations de coûts à court, moyen et long terme.

Recommandations de la commission «maladies transmissibles» du Haut Conseil de la santé publique en matière de recherche

Les termes des propositions faites ci-dessous portent sur l'obtention de résultats et non sur le délai de mise en œuvre. Des résultats intermédiaires pourront être utiles dans les décisions de santé publique.

Tableau 16. Besoins de recherche de la commission du Haut Conseil de la santé publique

Pour le court terme	Promouvoir la recherche sur les capacités d'adaptation de l'homme au changement climatique. Ce développement doit être multidisciplinaire et porter à la fois sur : <ul style="list-style-type: none"> – la santé publique et l'impact économique surtout en temps de crise – la clinique et en particulier la physiopathologie et le traitement du choc thermique dû au coup de chaleur – la physiologie de la thermolyse, en particulier chez le sujet âgé – La biologie moléculaire et la génétique, intégrant le génome mitochondrial
	Conduire des recherches sur la perception des conséquences sanitaires du changement climatique dans la population et les comportements subséquents
	Développer des recherches expérimentales sur les capacités d'adaptation des agents infectieux et de leurs hôtes au changement climatique, et sur les effets mutagènes des rayonnements naturels sur les agents infectieux
Pour le moyen terme	Évaluer l'impact du réchauffement climatique : sur la qualité des eaux et la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire, en particulier dans les DOM-COM et sur le pourtour méditerranéen
Pour le long terme	Développer ou soutenir la recherche sur les capacités d'atténuation des effets sanitaires du changement climatique, et/ou d'adaptation, en adoptant une position proactive (liens entre santé des écosystèmes et santé des populations)

Agriculture



Les messages clés

- Si seules les évolutions graduelles (températures, précipitations) sont considérées, les effets positifs du changement climatique sur les cultures de maïs et de blé resteraient **modérés jusqu'à un certain seuil au-delà duquel ils deviennent nettement négatifs**. La **baisse de disponibilité de l'eau** et la **multiplication des canicules** auraient quant à elles **un impact fortement négatif sur les rendements**.
- En viticulture, des fortes **disparités territoriales** seront observées : l'analyse réalisée fait par exemple état d'un gain en rendement en Bourgogne, mais d'une forte baisse en Languedoc-Roussillon. La **qualité et la typicité** des vins pourraient s'en trouver négativement **affectées**.
- Concernant les prairies, la moitié Sud et notamment l'arc péri-méditerranéen verrait sa **vulnérabilité s'accroître** du fait de sécheresses plus fréquentes en été, avec de fortes conséquences sur la rentabilité de l'élevage.
- Les **limites de l'exercice** réalisé ici sont **importantes** et tiennent tant aux hypothèses posées qu'aux incertitudes présentes sur toute la chaîne de l'évaluation. L'analyse de ces incertitudes et les discussions avec les experts fait émerger un certain nombre de besoins pour améliorer les connaissances et favoriser l'adaptation dans le secteur de l'agriculture.
- **L'atelier de réflexion prospective ADAGE** (ADaptation au changement climatique de l'AGriculture et des Ecosystèmes anthropisés) a pour objectif d'identifier et de mutualiser les besoins d'études et de recherche sur la thématique. Les résultats seront disponibles en 2010.

Périmètre de l'étude

Pour des raisons de représentativité et de faisabilité, les travaux ont concerné l'étude de trois cultures spécifiques : les grandes cultures (blé et maïs en France métropolitaine), la viticulture (Bourgogne et Languedoc-Roussillon) et les prairies (Sud du Massif central). L'analyse réalisée ne se veut pas exhaustive : les impacts étudiés restent partiels.

Tableau 17. Impacts identifiés et étudiés : agriculture

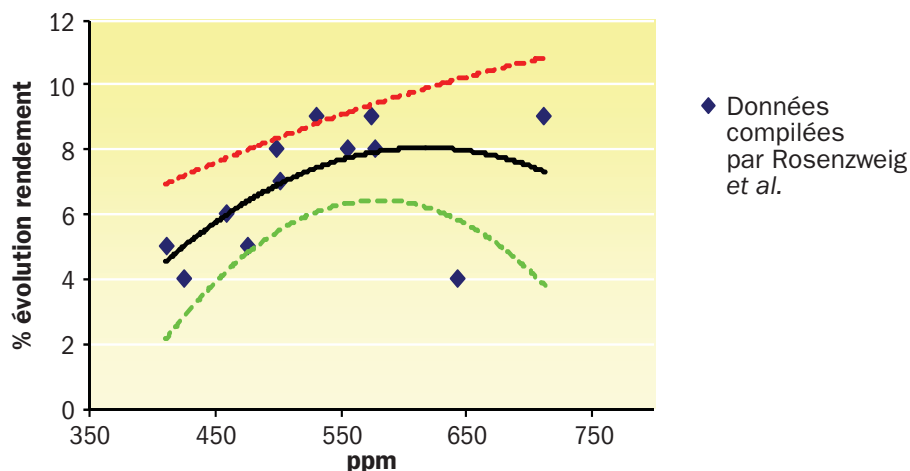
	Quantifié	Non quantifié
Hausse des rendements liée à la concentration en CO ₂	X	
Modifications de la phénologie des plantes		X
Effets de la hausse des températures et de l'évolution des précipitations sur les productions	X	
Effets de la baisse de disponibilité en eau sur les rendements et les techniques de production		X
Impacts des canicules sur les cultures	X*	
Impacts des bio-agresseurs		X
Pertes de rendements liées aux événements extrêmes et à la remontée du niveau de la mer		X

* Pour le maïs et le blé uniquement.

Des impacts positifs modérés sur les grandes cultures, jusqu'à un certain seuil

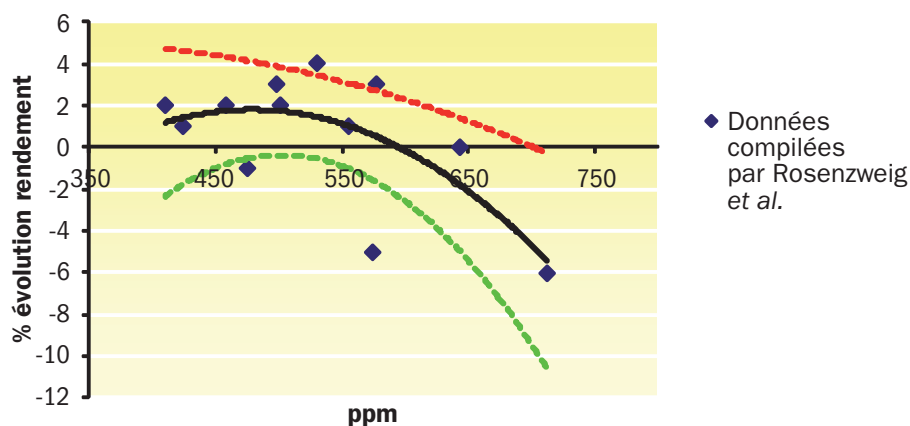
L'analyse réalisée pour les grandes cultures (Rosenzweig et Iglesias, non daté) fait état pour le **blé** d'une augmentation des rendements jusqu'à un certain seuil de températures, qui, sous le scénario A2, serait atteint entre 2050 et 2100. Au-delà de ce seuil, **les rendements diminuent, mais l'impact resterait modéré**. Les résultats sont plus contrastés pour le maïs : les rendements augmentent légèrement jusqu'à 2030, puis amorcent une baisse entre 2030 et 2050 quel que soit le scénario considéré, l'impact du changement climatique tendant largement vers le négatif en 2100. En termes de coûts, cela correspond pour le **maïs en 2100 à une perte pouvant atteindre près de 113 millions d'euros par an**. Cette évolution ne concerne que les changements graduels (évolution des températures et précipitations) et ne tient pas compte de la baisse de disponibilité en eau ni des sécheresses. Or la multiplication des événements de type **canicule de 2003** pourrait représenter, en 2100, un coût allant jusqu'à plus de **300 millions d'euros par an pour une culture comme le blé** sous le scénario A2, si aucune adaptation n'est réalisée, remettant en cause certains résultats optimistes évoqués plus haut.

Graphique 2. Effet des évolutions de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère sur les rendements du blé



Source des données : Rosenzweig et Iglesias.

Graphique 3. Effet des évolutions de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère sur les rendements du maïs



Source des données : Rosenzweig et Iglesias.

Un fort effet territorial en viticulture

La viticulture sera également impactée par le changement climatique (Garcia de Cortazar-Atauri, 2006). On observerait une hausse du rendement en **Bourgogne** (+35,2 % de rendement supplémentaire selon le scénario A2 en 2080 et +41,7 % selon B2, sans adaptation). Ces résultats sont toutefois à nuancer : **il ne sera pas**

possible dans ces conditions de produire autant de vins de haute qualité qu'aujourd'hui. Sans adaptation, le Languedoc-Roussillon subirait quant à lui des pertes de rendement considérables (jusque -26 %).

Les itinéraires techniques comprenant l'irrigation pourraient toutefois changer la donne (transformer une situation de perte de -18 % du rendement en un gain de 11 % sur la période 2070-2099 par rapport à la période de référence sur sol à grande réserve utile). Dans cette étude, la principale limite réside dans le fait que l'on ne prend pas en compte la baisse de la disponibilité de la ressource en eau.

Une possible hausse des rendements des prairies dans la partie Nord, une vulnérabilité accrue de l'arc périméditerranéen

Dans les départements de l'arc périméditerranéen, de 1980 à une date située entre 2050 et 2090, le changement en cours aboutirait à **une chute très importante (environ -70 %) du rendement des prairies dans la période estivale** – les sécheresses type 2003, 2005, 2006 étant devenues la norme – ; **et à un gain de 10 à 20 % du rendement dans la période hivernale** du fait des températures et du niveau de concentration en CO₂ plus favorables. Au total une baisse de la production fourragère annuelle comprise **entre -20 et -25 %** pourrait être observée. Le coût de compensation de ces pertes de rendements (par achat de fourrage) pourrait s'élever à quelque **200 millions d'euros par an** sur la seconde moitié du XXI^e siècle.

Les limites de l'exercice

Le travail de quantification présenté ici comporte un certain nombre de limites. Celles-ci tiennent :

- aux hypothèses posées (économie constante notamment) ;
- aux incertitudes quant aux évolutions climatiques et à la réponse des productions agricoles à ces évolutions ;
- à la non-prise en compte du paramètre eau dans les évaluations quantifiées ;
- au caractère très partiel de l'évaluation.

Ces incertitudes affectent **non seulement les valeurs, mais aussi le sens de variation des résultats** en interaction en particulier avec la variabilité régionale des impacts du changement climatique.

L'adaptation

Le tableau 18 reprend les pistes d'adaptation planifiée proposées.

Tableau 18. Mesures d'adaptation préconisées

Grandes cultures	Diversifier les systèmes de culture, permettant de combiner « esquive », « évitement » et « tolérance » Augmenter la durée de végétation pour permettre la succession de cultures été-hiver Mener une réflexion sur la pertinence de l'implantation de nouvelles cultures, en adoptant une approche par « filière »
Viticulture	Procéder à des recherches génétiques pour de nouveaux cépages adaptés aux terroirs Mener une réflexion sur l'évolution des appellations d'origines contrôlées (AOC) Mettre au point de nouvelles techniques d'irrigation
Prairies	Étendre l'exploitation à des surfaces d'ajustement si elles existent (estives d'altitude) ou création de ces surfaces Ré-analyser les politiques à long terme de gestion de l'eau pour favoriser l'irrigation des petites surfaces Aider à la mise en œuvre des actions d'adaptation dans le cadre de contrats collectifs Anticiper les conséquences de l'évolution du climat sur le cheptel, en adaptant notamment les bâtiments d'élevage pour limiter les impacts de la canicule sur les performances animales

Perspectives et recommandations

Des pistes de recherche et des besoins de suivi et d'observation ont par ailleurs été identifiés.

Tableau 19. Besoins de recherche, suivi et observation

Besoins de recherche	Mener/poursuivre les recherches pour approfondir les connaissances sur : – l'intégration du facteur eau dans les modèles de cultures – les bio-agresseurs – l'aspect azote et l'utilisation d'intrants minéraux – l'apport en CO ₂ – l'impact sur la qualité des produits – l'érosion des terres arables – les pollinisateurs
	Élaborer des approches affinées de prévisions par région et par type de système agricole
	Prendre en compte le degré d'aversion au risque des exploitants agricoles
Besoin de suivi et d'observation	Favoriser les relations et l'interconnexion entre la recherche, le développement et le monde professionnel afin d'assurer un transfert des connaissances
	Collaborer avec d'autres pays faisant face aux mêmes problèmes d'adaptation
	Faire évoluer les systèmes de réseaux de surveillance et d'alerte des agents pathogènes
	Faire évoluer les modes de gestion de la lutte contre l'émergence et l'implantation des agents pathogènes et des maladies exotiques
	Connaître et surveiller les modifications des aires d'implantation des vecteurs connus
Favoriser la collaboration entre les systèmes de surveillance des maladies animales et ceux dédiés aux maladies humaines	

L'atelier de réflexion prospective ADAGE, lancé à l'initiative de l'Agence nationale de recherche (ANR) et dont les résultats devraient être disponibles d'ici 2010, a pour objectif d'identifier et de mutualiser les besoins d'études et de recherche sur la thématique. Ses conclusions permettront de compléter cette première liste.

Forêt



Les messages clés

- L'impact du changement climatique sur la **productivité des forêts** se manifestera en deux temps.
- À court-moyen terme (jusqu'à 2030 ou 2050 selon le scénario), l'impact des **évolutions graduelles** du climat sur la production de bois serait plutôt positif, avec des gains économiques pouvant atteindre 150 millions d'euros par an. Ces gains seraient significatifs du Massif central au quart nord-est de la France, où les jours de gel diminueraient fortement, parallèlement à l'augmentation des températures moyennes. Néanmoins, les **événements extrêmes** tels que sécheresses, canicules et incendies pourront fortement atténuer les effets positifs au niveau national.
- À long terme (jusqu'à 2100), en raison des événements extrêmes plus fréquents et de l'extension de la forêt méditerranéenne, **les effets seront clairement négatifs**.
- La quantification a porté sur un impact (la productivité) et une unique dimension : les volumes de bois. **Les aspects non marchands** n'ont pas pu être considérés. Le périmètre restreint de l'étude constitue l'une de ses principales limites.
- Les travaux en cours et à venir tant en **recherche fondamentale qu'en recherche appliquée** permettront d'étendre les impacts et mesures d'adaptation qui pourront être pris en compte dans les évaluations économiques et d'aller au-delà de l'exercice proposé ici.

Périmètre de l'étude

La quantification et les scénarios proposés sont fondés sur le **critère de productivité des forêts** selon deux horizons de temps : le moyen terme (2030 pour A2, 2050 pour B2) et le long terme (jusqu'en 2100). Le tableau 20 indique que l'impact économique de l'évolution de la productivité des forêts sur les biens marchands, seul impact quantifié, ne constitue pas l'unique impact du changement climatique identifié.

Tableau 20. impacts identifiés et impacts étudiés : forêt

	Quantifié	Non quantifié
Impacts économiques sur les biens et services marchands de l'évolution de la productivité des forêts	X	
Impacts économiques sur les biens et services non marchands de l'évolution de la productivité des forêts		X
Prolifération des insectes		X
Impacts sur la migration des espèces et des écosystèmes		X
Impacts des événements extrêmes		X

Le travail s'est appuyé sur des résultats issus de la littérature et des dires d'experts réunis lors d'un séminaire de travail en mars 2009. D'après l'analyse réalisée, les conséquences biologiques et, par conséquent, économiques du changement climatique sur la forêt française et l'industrie qui en dépend, **vont se manifester en deux temps** :

- moyen terme : changement climatique = > taux de croissance plus important en forêt ;
- long terme : changement climatique = > taux de croissance moins important en forêt.

Dès le moyen terme, des événements extrêmes (canicules, incendies) plus intenses et plus fréquents viendront remettre en cause certains impacts positifs du changement climatique sur les forêts.

À moyen terme : un impact plutôt positif des évolutions graduelles du climat sur la production de bois

Au cours d'une première période allant jusqu'à 2030 ou 2050, selon le scénario retenu (A2 ou B2), les effets des évolutions graduelles du climat (températures et concentration en CO₂) seront plutôt positifs en ce qui concerne la production brute annuelle totale. Cette augmentation pourra générer des gains économiques. En conservant le taux de récolte de bois 2008 et en supposant que la répartition des surfaces forestières et les prix demeurent constants, on peut estimer qu'en moyenne annuelle, les recettes supplémentaires **potentielles** par rapport à la situation actuelle seront de l'ordre de **150 millions d'euros par an**. Ces gains seront effectifs **sous réserve du respect** des engagements pris dans le cadre du Grenelle Environnement pour la dynamisation de la filière et du programme Comité de régulation énergie 2 (CRE2) et **selon la capacité du secteur forestier à mobiliser la ressource**.

Seulement, sur cette même période, les **gains de productivité escomptés sont du même ordre de grandeur que les pertes possibles** par dépérissement, incendie, sécheresse... L'impact de l'épisode de sécheresse et de canicule de 2003 en France donne une bonne indication de la vulnérabilité des forêts à ces aléas : plus forte mortalité des bois par une réduction de la croissance des arbres restants, moindre production de truffes et perte environnementale au niveau du carbone, soit au total une perte de l'ordre de 1,2 milliard d'euros (Biro et Peyron, 2006). De plus, l'été 2003 a été caractérisé par des incendies quatre fois plus importants que d'habitude (0,2 milliard d'euros).

On estime que, dans le cas du scénario A2, on pourrait observer d'ici 2030 jusqu'à trois épisodes caniculaires. Pour le scénario B2, d'ici 2050, le nombre de canicules serait compris entre 0 et 4. Les canicules pourraient alors entraîner **des pertes de plusieurs milliards d'euros dès le moyen terme**, que l'on considère l'ensemble des coûts engendrés ou uniquement ceux correspondant à des pertes de production.

À long terme : une évolution marquée des régions forestières et des événements extrêmes plus fréquents, au détriment de la productivité

Les principales évolutions envisageables à l'horizon 2100 semblent défavorables à la production brute annuelle et cela pour plusieurs raisons :

- apparition de facteurs limitants pesant sur la productivité individuelle des espèces ;
- remplacement progressif d'un type de forêt (nord) par un autre (méditerranéen) moins productif ;
- répétition d'événements défavorables tels que les sécheresses et les canicules ;
- plus grands risques d'incendies et extension géographique de la zone à risque ;
- développement de pathogènes.

Les évolutions climatiques projetées laissent donc présager des **impacts clairement négatifs à long terme, qu'il n'a pas été possible de quantifier à ce stade étant donné l'incertitude**. Afin de pallier ces effets, l'adaptation du secteur forestier devra mettre à contribution l'ensemble des acteurs de la filière et des territoires.

Limites de l'exercice

Les principales limites de l'étude sont listées ci-après :

- l'évaluation ne concerne qu'une part limitée des impacts du changement climatique sur la forêt : les aspects autres que marchands n'entrent pas dans le périmètre des coûts présentés ici ;
- les *scénarii* utilisés sont volontairement simplificateurs. Ils ne permettent pas de rendre compte suffisamment de la complexité des effets du changement climatique sur la forêt, liée à la combinaison ou la confrontation d'effets inverses et à des réactions différentes selon l'espèce considérée ;
- l'hypothèse d'économie constante utilisée ne permet pas de prendre en compte l'évolution du prix du bois et de ses usages.

L'adaptation

Plusieurs mesures d'adaptation de la forêt ont par ailleurs été relevées et sont présentées dans le tableau 21.

Tableau 21. Mesures d'adaptation préconisées

Gestion sylvicole	Récolter plus : mesures pour récolter plus et conserver un stock forestier « raisonnable »
	Baisser l'âge d'exploitation/des rotations
	Choisir les essences adaptées
	Diversifier les peuplements
	Favoriser les migrations des essences par une gestion des régénérations en synergie avec les corridors de migration
	Gérer les volumes supplémentaires issus d'aléas
	Développer de nouvelles modalités de gestion des forêts de protection contre les risques naturels pour garantir la pérennité du boisement et sa production
	Renforcer les mesures visant à réduire les autres agressions contre les écosystèmes forestiers fragilisés
Recherche, observation	Travailler sur la robustesse/résistance des essences
	Développer un système de suivi des impacts du changement climatique
Planification spatiale	Modeler la gestion des aires protégées forestières
	Spécialiser les territoires
Industrie, débouchés	Adapter l'industrie aux bois pouvant être produits par les forêts de demain
	Développer des normes et appliquer les mesures visant à favoriser l'usage du bois (notamment dans la construction)
Feux de forêt	Améliorer la prévision dans les dispositifs zonaux
	Optimiser les moyens de lutte contre l'incendie en termes de coût/efficacité

Perspectives et recommandations

L'étude réalisée a permis de souligner un certain nombre d'axes de recherche à privilégier pour poursuivre l'analyse des impacts du changement climatique sur la forêt.

Tableau 22. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	Comprendre les effets du changement climatique sur la forêt, notamment à l'échelle locale (et stationnelle, ce qui inclut l'analyse du comportement des sols à long terme) et au niveau des essences forestières
	Inventorier les ressources génétiques de la forêt et comprendre la capacité d'adaptation naturelle des ressources génétiques forestières (notamment en termes de possibilités de migration des espèces)
	Redéfinir un zonage du territoire avec des vocations forestières conseillées et encouragées en fonction des risques
	Mieux évaluer les services fournis par la forêt
	Intégrer la notion de risque financier aux analyses de coûts
	Étudier l'évolution et le coût des politiques de prévention des incendies (voir encadré <i>infra</i>)
Besoins de suivi et d'observation	Définir les options stratégiques des acteurs de la filière intégrant risque et incertitude
	Réaliser un inventaire des pratiques actuelles et des mesures d'adaptation à l'échelle régionale/locale
	Mettre en place une stratégie communautaire et des coopérations scientifiques internationales pour la recherche sur les effets du changement climatique sur la forêt

L'impact des incendies

«Aujourd'hui, 89 départements sont recensés provisoirement par la mission comme comportant des risques incendies de forêts, dont 14 avec un risque fort sur l'ensemble de leur territoire, 8 avec un risque fort sur une partie de leur territoire, 6 avec un risque moyen sur l'ensemble, 61 avec un risque faible dont 4 comportant un niveau moyen de risque sur une partie seulement de leur territoire.

À partir de ce constat, la mission interministérielle en charge d'étudier l'extension future des zones à risque élevé d'incendies de forêts se fixe comme objectif, dans son rapport définitif, de proposer une estimation de cette extension vers le Nord aux échéances 2010-2030-2050 en lien avec le changement climatique tel qu'il est aujourd'hui anticipé.

Deux approches sont d'ores et déjà explorées pour parvenir à estimer cette extension des zones sensibles :

a) la caractérisation de la sensibilité des peuplements forestiers de demain [...] à l'incendie [...] qui peut s'appuyer, à partir des types de peuplements recensés dans l'Inventaire forestier national [...];

b) l'évolution de l'indice forêt météo (IFM) (qui donne une estimation du risque d'occurrence d'un feu de forêt calculé par Météo-France et qui ne dépend que de paramètres météorologiques et de la durée du jour, ce qui permet des comparaisons entre des territoires aux climats très différents indépendamment des espèces présentes)».

Extrait du rapport intermédiaire de la mission interministérielle sur l'extension des feux de forêt. Le rapport final de la mission sera disponible en 2010.

Énergie



Les messages clés

- La modification du climat mesurée par la hausse des températures a deux effets contradictoires sur la consommation d'énergie : elle amène à une baisse des besoins de chauffage d'une part et, d'autre part, elle augmente les besoins liés à la climatisation. Dans le cadre des hypothèses posées et des scénarios climatiques retenus, la hausse des températures pourrait conduire à l'horizon 2100 à un **repli de plus de 3 % de la consommation** énergétique nationale par rapport à la situation actuelle. La multiplication des dispositifs de climatisation entraînerait une multiplication des pics de demande en période estivale qui compliquerait la gestion du réseau électrique.
- Au **niveau régional, les situations seront contrastées** : les régions chaudes pourraient voir leur consommation annuelle augmenter, alors que les régions plus fraîches la verraient diminuer.
- Bien que les modèles actuels ne permettent pas une modélisation très précise, la **production hydro-électrique pourrait baisser d'au moins 15 % à l'horizon 2050**.
- Les infrastructures de production et de transport énergétique devraient connaître des **pertes de rendement liées à l'augmentation des températures** : les modèles et données accessibles n'ont pas permis de quantifier cet impact. Dans le cadre des hypothèses de remontée du niveau de la mer, il n'a pas été identifié de sensibilité majeure pour les centrales nucléaires actuelles à l'horizon 2050.
- Le renforcement de la recherche-développement sur les **technologies de refroidissement et sur des villes et habitats robustes à la chaleur** constituerait une mesure d'adaptation sans regret.
- Ces analyses sont partielles et ne prennent pas en compte des **phénomènes extrêmes pouvant couper le réseau ou la production** (feux de forêts plus fréquents, tempêtes, etc.).

Périmètre et méthode d'évaluation

Les données journalières de température des scénarios A2 et B2 ont été utilisées aux horizons 2030, 2050 et 2100. Sur la base de ces données, les **modèles de consommation en fonction de la température** des énergéticiens ont permis de simuler la demande énergétique correspondante dans une hypothèse d'économie constante. Compte tenu des données et des modèles accessibles, l'évaluation quantitative n'a pas été exhaustive. Par ailleurs, d'autres impacts n'ont pas été quantifiés pour des raisons liées à la forte incertitude des modèles de projections climatiques ou du faible poids de certaines énergies dans le bouquet énergétique actuel. Le détail des impacts quantifiés est donné au tableau 23. Les impacts

ont été traduits en millions de tonnes équivalent pétrole par année. La conversion des tonnes équivalent pétrole (tep) en termes monétaires n'a pas été réalisée en raison de la forte incertitude sur les prix. Parmi les mesures d'adaptation identifiées, seul l'effet d'un développement spontané de la climatisation a été quantifié.

Tableau 23. Impacts identifiés et étudiés : énergie

	Quantifié	Non quantifié
Variation de consommation gaz et fioul pour résidentiel et tertiaire	X	
Variation de consommation d'électricité pour chauffage et refroidissement	X	
Variation de consommation des véhicules particuliers	X	
Variation de consommation du secteur industriel		X
Impact sur le productible hydro-électrique	X	
Impact sur les énergies renouvelables hors hydro-électrique		X
Impact sur la production électrique en période caniculaire	X	
Perte de capacité du réseau du fait de la chaleur		X
Rupture de réseau en cas d'événement climatique extrême		X
Surcoûts d'investissement pour l'adaptation des centrales électriques futures		X
Modification de la répartition de la population sur le territoire national		X

Un recul de la consommation annuelle

Sur la base des données climatiques des scénarios A2 et B2, avec une hypothèse d'économie constante et l'incertitude inhérente aux modèles, l'impact modélisé sur la consommation énergétique des secteurs étudiés est le suivant :

Tableau 24. Impacts quantitatifs et effet de l'adaptation

	B2			A2		
	2030	2050	2100	2030	2050	2100
Impacts (M tep)*						
Gaz naturel résidentiel, tertiaire	-[1,8; 2,4]	[-1,6; -2,1]	[-2,5; 3,9]	[-1,3; 1,7]	[-1,9; 2,5]	[-3,9; 5,0]
Fioul résidentiel et tertiaire	-0,6	-0,7	-0,8	-0,5	-0,7	-1,5
Consommation électricité chauffage et climatisation	-0,8	-0,7	-1,2	-0,6	-0,8	-1,5
Climatisation véhicules 45 %	0	0,3	0,6	0,1	0,3	0,8
Canicules type 2003 centrales nucléaires	0	[0,0; 0,1]	0,2	[0,0; 0,1]	[0,0; 0,1]	[0,3; 0,4]
Perte productible hydroélectricité	-	0,9	0,9		0,9	0,9
Bilan sans adaptation (M tep)*	[-3,8; 3,2]	[-2,2; 1,8]	[-4,2; 2,8]	[-2,6; 2,3]	[-2,7; 2,2]	[-5,9; 4,9]
Adaptation spontanée (M tep)*						
Climatisation résidentielle spontanée		0,5	1,0		0,5	1,0
Climatisation véhicules 90 %	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,2
Bilan avec adaptation spontanée (M tep)	[-3,4; 2,8]	[-1,0; 0,6]	[-2,2; 0,8]	[-2,1; 1,8]	[-1,5; 1,0]	[-3,7; 2,7]

* M tep : million de tonnes équivalent pétrole.

À équipement de climatisation constant, le changement climatique pourrait entraîner un **repli de la consommation annuelle des secteurs étudiés de l'ordre de 2 % à l'horizon 2030 et de plus de 3 % à l'horizon 2100**. Le développement spontané de la **climatisation réduirait ce gain de moitié**. On remarque que, si l'impact global indique une baisse de consommation, certains **secteurs seraient impactés négativement** et devraient être compensés (hydro-électrique, climatisation).

Des disparités territoriales

Les résultats agrégés au niveau national doivent être interprétés avec prudence. En effet au niveau territorial, une simulation réalisée sur un ensemble-type de bâtiment pour les villes d'Agen, Lille et Strasbourg montre que la **consommation annuelle diminuerait dans les territoires de climat frais** (forte économie de chauffage) mais au contraire **augmenterait dans les zones méridionales** (forte dépense en climatisation).

Le facteur climatisation

La majeure partie des économies « spontanées » modélisées provient de la diminution de la demande de chauffage. La hausse de la climatisation modère toutefois ce constat, notamment si l'on devait suivre les tendances de pays tels que les États-Unis.

Cette demande supplémentaire de **climatisation renforcerait les tensions sur la fourniture d'électricité** : les **pics de demande** des climatiseurs en période très chaude nécessiteraient de fournir beaucoup d'électricité précisément **quand elle est le plus difficile à produire**. En effet, durant les fortes chaleurs, les centrales et le réseau perdent du rendement et il est nécessaire de faire appel à des compléments thermiques coûteux notamment en gaz à effet de serre. La **multiplication spontanée des climatiseurs poserait donc des contraintes importantes** sur le réseau français.

Une baisse du productible hydro-électrique

Les baisses de précipitations modélisées dans les principaux bassins versants aménagés en unités hydro-électriques laissent envisager une **baisse moyenne de l'ordre de 15 % du potentiel productible**. Bien que les modèles actuels ne permettent pas une modélisation très précise, cette tendance compliquerait fortement la gestion hydro-électrique. En période de forte chaleur, ces ressources sont pourtant de première valeur car elles permettent rapidement d'amortir la demande des pics de consommation.

Des événements extrêmes difficiles à modéliser

L'étude réalisée ne prend pas en compte deux phénomènes potentiellement majeurs :

- la hausse de l'intensité et de la fréquence des **tempêtes** qui n'est pas encore bien documentée pour la France. Si le changement climatique avait une influence

sur ces tempêtes, l'impact sur le secteur énergétique pourrait être significatif (réseau, terminaux de stockage et unités de production);

– l'impact du changement climatique sur les **feux de forêts** qui est encore mal modélisé. La multiplication probable de ces événements entraînerait des coupures plus fréquentes du réseau (nécessaires pour les interventions et la sécurité) qui peuvent avoir des conséquences majeures si cela se produit à des points névralgiques du réseau.

Limites de l'exercice

L'hypothèse d'économie constante et la non prise en compte d'événements extrêmes autres que les canicules sont des limites objectives à cette analyse. Néanmoins, au vu de l'incertitude sur l'évolution des prix de l'énergie et de la survenance des phénomènes extrêmes, peu d'alternatives étaient envisageables à titre exploratoire. L'exercice a également été tributaire des données et modèles disponibles : du fait de l'intérêt stratégique et commercial de certaines données, elles ne sont pas toujours accessibles en intégralité.

L'adaptation

Le changement climatique devrait avoir un effet de **diminution de la demande** annuelle en énergie. Néanmoins, le **déplacement de la consommation sur les mois d'été** nécessite une réflexion sur l'**adaptation du réseau et de la gestion du parc énergétique**, notamment en ce qui concerne la gestion des crises en période chaude ou suite à des événements extrêmes. La prise en compte de la fréquence et de l'intensité croissante des événements extrêmes devra être considérée régulièrement au vu de l'avancée des connaissances dans ce domaine.

Tableau 25. Mesures d'adaptation planifiées préconisées

Demande	Recherche et développement sur des procédés de refroidissement plus économes en énergie
	Développement d'un urbanisme et d'un cadre bâti plus économe en énergie notamment pour le refroidissement
Offre	Améliorer les procédés de refroidissement des centrales énergétiques
	Rendre les installations énergétiques plus robustes aux extrêmes climatiques
	Généraliser les systèmes de gestion des tranches
	Affiner le processus de gestion de crise
Transversal	Identifier les structures sensibles à la remontée du niveau de la mer
	Renforcer les outils de modélisation de l'offre et de la demande en fonction du climat

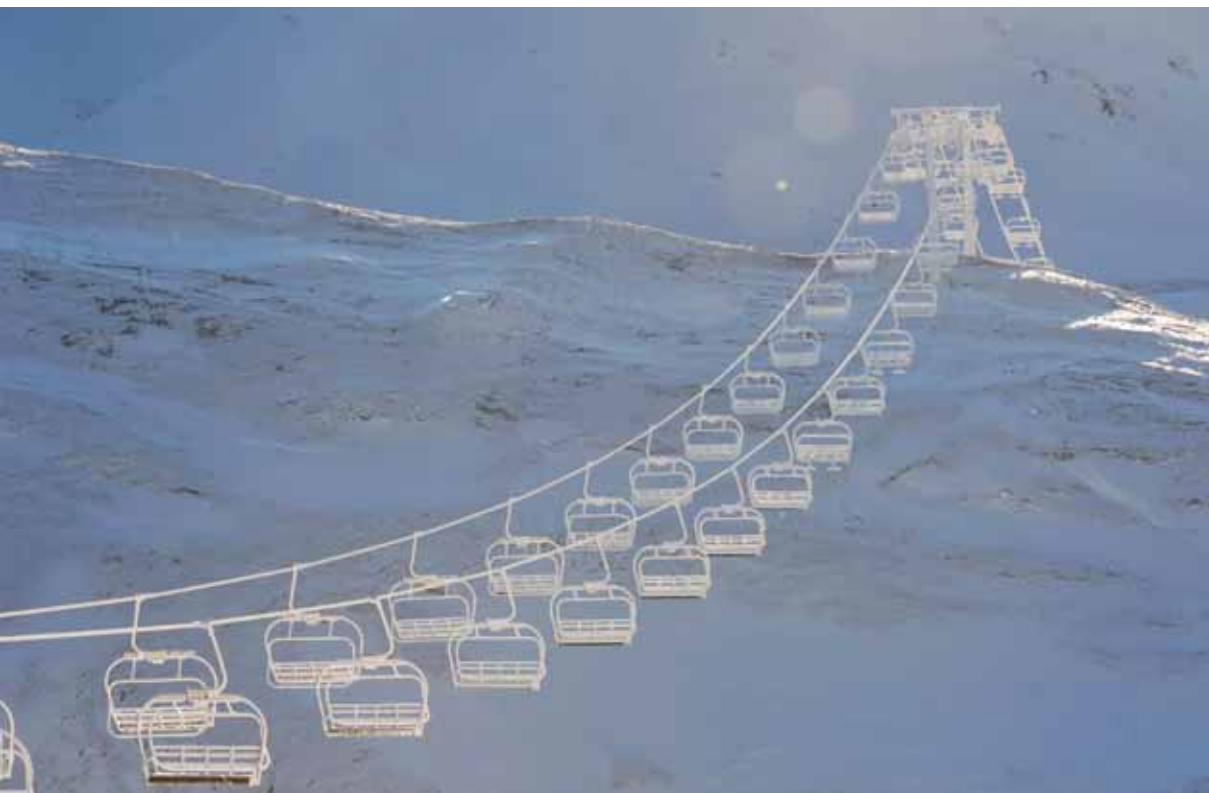
Perspectives et recommandations

Le tableau 26 présente les besoins de connaissances, suivi et observation identifiés.

Tableau 26. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	Calculer les impacts sur la base des données annualisées d'un pool de modèles et les agréger aux différents horizons afin de quantifier l'impact cumulé quantitatif et économique
	Approfondir la dimension territoriale des modèles d'impacts (désagrégation)
	Développer des systèmes de refroidissement économes en énergie
	Développer des options techniques de robustesse à la chaleur du cadre bâti et de l'urbanisme
	Approfondir les modèles de prévision des tempêtes et des feux de forêt
Besoin de suivi et d'observation	Obtenir des données d'observation sur les consommations et l'équipement des ménages : par exemple, sur les taux réels d'équipement en climatisation
	Renforcer la concertation avec les opérateurs énergétiques
	Améliorer les modèles de prévision des consommations en fonction du changement climatique et réaliser un suivi national et régionalisé des tendances

Tourisme



Les messages clés

- Les impacts du changement climatique sur le secteur du tourisme sont multiples.
- À l'horizon 2100, l'analyse de **l'indice de confort climato-touristique** sur le territoire indique une évolution à la **baisse de l'attractivité climatique estivale** sur l'ensemble du territoire, au sud et à l'est de la France principalement.
- En revanche, aux **intersaisons** et notamment aux mois de mai et juin, l'attractivité climatique en 2100 égalerait l'attractivité climatique estivale actuelle.
- La traduction de cette évolution en termes de fréquentation touristique n'est pas immédiate : si le climat tient une place importante dans les choix de destinations, **la sensibilité aux fortes chaleurs** et la perception même de ce qu'est une chaleur excessive diffèrent selon la période du départ, le mode d'hébergement, l'environnement du séjour.
- Concernant les sports d'hiver, une étude de l'OCDE en 2006 indiquait que dans les Alpes, **la diminution du manteau neigeux réduira la fiabilité de l'enneigement**. Dans les Alpes françaises, 143 domaines skiables bénéficient actuellement d'un enneigement fiable. En cas de réchauffement de +1 °C, cela ne sera le cas que pour 123 stations ; pour 96 stations si le réchauffement atteint 2 °C et seulement pour 55 stations dans le cas d'un réchauffement de 4 °C.
- Les travaux de recherche ultérieurs devront permettre de préciser ces éléments et s'intéresser aux aspects « offre touristique ».

Périmètre de l'étude

Bien que les impacts du changement climatique sur le tourisme ne se limitent pas à ces aspects, le travail a porté sur deux points principaux :

- le calcul d'un Indice climatico-touristique (ICT) à l'échelle des départements français, à partir de la méthode de Mieczkowski (1985);
- une enquête sur les préférences climatiques des touristes français et leur perception du changement climatique. Les principaux impacts identifiés au cours des travaux sont présentés dans le tableau 27.

Tableau 27. Impacts identifiés et étudiés : tourisme

	Quantifié	Non quantifié
Diminution du manteau neigeux, avec un impact sur les activités de sports d'hiver		X
Baisse des réserves en eau et restrictions, tensions, voire conflits d'usages entre activités touristiques et autres utilisations		X
Impacts de la remontée du niveau de la mer et érosion du littoral sur les infrastructures touristiques		X
Évolution du confort climatique des touristes et de l'attractivité climatique des destinations	X	
Impacts des risques sanitaires, naturels et événements extrêmes sur la sécurité et l'attractivité des destinations		X
Érosion de la biodiversité et impacts sur l'attractivité des destinations		X
Redistribution des flux touristiques en conséquence des impacts cités ci-dessus		X

La dégradation du confort climatique estival

L'impact du changement climatique sur le confort des touristes a été approché grâce à l'analyse de l'indice de Mieczkowski.

L'indice climato-touristique (ICT) de Mieczkowski

L'ICT comporte six variables climatiques mensuelles (températures maximale et moyenne, humidité relative, précipitations, durée d'ensoleillement, vitesse du vent) à partir desquelles sont élaborés des sous-indices, chacun faisant l'objet d'une cotation.

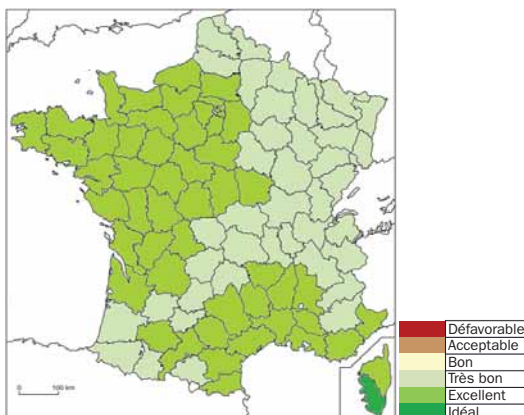
L'index ICT, variant de -30 à 100, permet de définir si un climat est favorable ou non au tourisme, selon le système de notation suivant :
 > 90 : idéal ; > 80 : excellent ; 70-79 : très bon ; 60-69 : bon ; 40-59 : acceptable ; < 40 : défavorable.

Dans une première étape, pour chaque département, a été analysée sur la base de l'ICT « l'attractivité climatique » moyenne des mois de juillet et août sur la période de référence 1980-2000.

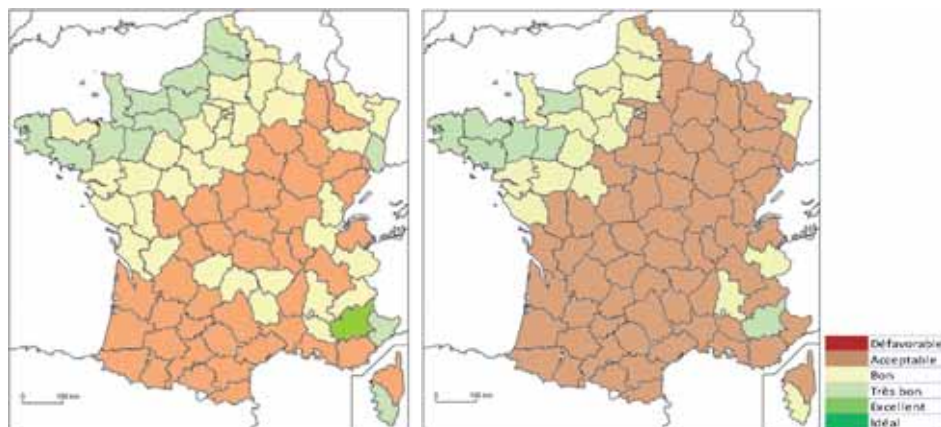
Carte 3. ICT des mois de juillet et août sur la période 1980-2000

Cette première carte indique des conditions climatiques actuelles favorables au tourisme estival sur l'ensemble du territoire.

L'analyse de l'évolution des données climatiques à l'horizon 2100 a permis d'estimer pour quels départements l'ICT sera particulièrement impacté et de comparer les évolutions attendues selon les départements en ordres de grandeur (sans toutefois tirer de conclusions sur la fréquentation touristique).



Cartes 4a et 4b. ICT des mois de juillet et août sur la période 2080-2100



Le changement climatique se traduira en été par une dégradation des conditions climatiques favorables au tourisme. Cette dégradation est moins marquée dans la moitié Nord de la France (côte Nord-Ouest particulièrement), ainsi que dans certains départements des Alpes. L'analyse nous indique ici que même au Nord, dans les scénarios retenus, **les températures maximales atteintes en été pourraient devenir trop élevées pour permettre un confort maximal des touristes**. Seul l'horizon 2100 est étudié en détail ici. Il est important de noter que **ces dégradations s'amorceront dès 2030-2050**.

Sous **A1B**, les départements dont l'ICT estival diminue de plus de 25 % représentent actuellement plus de 10 milliards d'euros de chiffre d'affaires pour les mois de juillet et août ; ceux dont la baisse d'ICT est comprise entre 10 et 25 %, plus de 18 milliards d'euros.

Si on constate une dégradation des conditions touristiques estivales à l'horizon 2100, ce ne sera pas le cas à d'autres périodes de l'année. **On observerait pour mai et juin une hausse de la valeur de l'ICT** dans la grande majorité des départements, avec un climat proche des conditions estivales actuelles.

Les limites des indices

Les principales limites des indices climatiques concernent :

- le choix et la pondération des paramètres climatiques, laissant une grande place à l'arbitraire ;
- la non-prise en compte du caractère évolutif de la notion de confort climatique ;
- la non-prise en compte de l'adaptation.

Enfin, notons que le **climat ne constitue qu'un facteur de décision parmi d'autres** dans la demande touristique. Des paramètres tels que la présence d'infrastructures adaptées, le prix, les contextes culturels divers ne sont pas considérés. **L'étude** (TEC-CREDOC, à paraître) dont les principaux résultats sont présentés ci-après, nous renseigne sur la place du climat dans les choix des touristes français.

Les préférences climatiques exprimées par les touristes

Si le climat n'est pas le premier facteur de choix, **43 % des répondants** citent néanmoins le climat comme l'un des éléments les plus importants dans la prise de décision, lorsqu'ils ont la possibilité de choisir entre plusieurs destinations en France. Le climat est important pour les projets de séjour ayant pour mode d'hébergement principal le **camping**, comme pour les **activités de plein air** et les **séjours de plus de huit nuits**.

La chaleur et la sécheresse suscitent peu d'appréhension : seuls 13 % des répondants citent une température trop élevée et la sécheresse est crainte par moins d'un touriste sur dix. L'appréhension de la sécheresse est néanmoins plus accentuée pour les séjours à la campagne.

Pour leurs séjours de 2009, **la température à partir de laquelle les touristes considèrent qu'il fera trop chaud est en moyenne de 32 °C**. L'âge, la région de résidence et surtout le type de séjour prévu jouent sur ce seuil. Ainsi, la température ressentie comme « trop chaude » varie entre :

- 34 °C pour les séjours en camping et pour l'activité de baignade ;
- 30 °C pour les séjours en montagne.

Une large majorité des répondants déclarent qu'ils décideront de ne rien modifier à leur projet de séjour **sous l'hypothèse d'une canicule**.

Ce sont principalement la variabilité climatique, ainsi que les temps froids et pluvieux qui ont une influence notable sur les séjours touristiques.

L'adaptation

Du fait de la forte réactivité des acteurs du secteur aux changements, les adaptations attendues sont principalement spontanées, tant de la part des touristes que des opérateurs touristiques. Il s'agit de mesures telles que l'enneigement artificiel, la protection des infrastructures, la climatisation des hébergements ou encore les politiques de partage de la ressource en eau. Les principales options d'adaptation planifiées sont présentées au tableau 28.

Tableau 28. Mesures d'adaptation préconisées

Favoriser les politiques de diversification de l'offre touristique, particulièrement pour les sites et activités très dépendants du climat	Diversification des activités et des sources de revenus en hiver (hors ski)
	Développement d'un tourisme des quatre saisons, pour réduire la dépendance à la neige
	Diversification des activités dans les stations balnéaires

Perspectives et recommandations

Les besoins de recherche soulevés par l'étude sont présentés dans le tableau 29.

Tableau 29. Besoins de recherche, suivi et observation

Besoins de recherche	Poursuivre le travail d'enquête sur les perceptions des touristes
	Affiner la méthodologie d'indices de confort climatique en l'adaptant aux spécificités des touristes en France
Besoin de suivi et d'observation	Étendre la concertation aux opérateurs touristiques nationaux, afin de : – apprécier leur degré de sensibilité face au changement climatique – connaître leur positionnement actuel en matière d'adaptation

Infrastructures de transport



Les messages clés

- Pour des raisons de disponibilité de données, on s'intéresse ici exclusivement aux impacts des aléas « **canicule** » et « **submersion marine** » sur les **routes nationales gérées par l'État**.
- Le réseau routier français s'est plutôt bien comporté face à la canicule de 2003 ; bien que des désordres ponctuels aient été observés et qu'il ne s'agisse que d'un événement isolé. Mais en extrapolant *ex abrupto* les résultats d'études étrangères au cas français, on peut estimer un surcoût **d'entretien des routes nationales lié au changement climatique compris entre -9 et + 70 millions d'euros par an**.
- Concernant les submersions marines, la **remontée d'ensemble du niveau de la mer d'1 mètre** représenterait un coût patrimonial, pour les routes nationales métropolitaines (hors autoroutes), pouvant atteindre **2 milliards d'euros**.
- Pour ces deux aléas, un travail complémentaire devrait être mené avec les opérateurs sur le réseau départemental et communal et sur le réseau autoroutier, et les voiries secondaires, ainsi que sur le champ de l'exploitation et du matériel roulant.
- Un travail supplémentaire sur les autres infrastructures de transport (transport fluvial, installation portuaire, réseau ferré, etc.) est nécessaire.

Périmètre de l'étude

Concernant la thématique « infrastructures de transport », l'étude s'intéresse uniquement à deux aléas spécifiques :

- les dommages liés aux submersions (permanentes et temporaires) issues de la remontée du niveau de la mer ;
- les dommages liés aux canicules.

Tableau 30. Impacts identifiés et étudiés : infrastructures

	Quantifié	Non quantifié
Impacts		
Endommagement des voies de transport (aléas gravitaires, incendies, inondations – ruissellement urbain)		X
Endommagement des voies de transport – submersion marine	X	
Endommagement des voies de transports – canicules	X	
Instabilité des sols en raison des sécheresses (retrait-gonflement des argiles)		X
Modification des pressions exercées par les infrastructures sur l'environnement		X
Gains liés à des périodes de gel plus courtes ou moins intenses		X
Type d'infrastructure		
Routier	X	
Air		X
Ferroviaire		X
Maritime et fluvial		X

La réflexion est centrée sur les **grands réseaux d'infrastructures nationales métropolitaines gérés directement par l'État** (routes nationales) pour des raisons de disponibilité de données chiffrées. Il serait utile et opportun de prévoir d'anticiper également le coût de la dégradation des réseaux départementaux et communaux, sans oublier les réseaux ferroviaires etc. L'impact sur l'utilité réelle de la route n'est pas non plus pris en compte : les pertes d'usage (perte de valeur socio-économique en raison de l'indisponibilité d'une infrastructure de transport) et les effets réseau ne sont pas approchés. Compte tenu de sa fonction support à de nombreuses activités, la thématique « **cadre bâti** » a été traitée par plusieurs autres groupes. Toutefois, une synthèse des connaissances et des besoins de recherche est proposée à la fin de ce chapitre.

Les canicules

Trois approches complémentaires ont été menées pour apprécier l'impact de l'augmentation d'occurrence des canicules, correspondant chacune à trois sources d'information différentes.

Les deux premières approches, l'une basée sur une **enquête de terrain**, auprès des services déconcentrés, menée conjointement par le Laboratoire central des

Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA), en lien avec les Centres d'études techniques de l'équipement (CETE), après l'épisode de canicule de 2003 et l'autre, sur **l'examen des données budgétaires et de la base de données des indices de qualité des routes nationales et des ouvrages d'art** du système d'évaluation et de suivi des chaussées du réseau routier national non concédé, font état d'un bon comportement général des chaussées et des routes face à l'épisode unique de canicule survenu en 2003. Néanmoins, un certain nombre de **désordres ponctuels**, provoqués par le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux, a été observé.

La troisième approche est une évaluation par *benchmark* sur une base bibliographique étrangère, s'appuyant sur des évaluations plus avancées que ce qui est disponible en France. Une étude britannique (DEFRA, 2006) fait état, pour les années de canicule, d'un budget représentant 15 % de leur budget annuel d'entretien consacré à la réparation des dégâts. Les Australiens (AUSTROADS, 2004) prévoient des variations du coût d'entretien global de l'ordre de -2 à +4 % annuellement en raison du changement climatique.

En France, les coûts annuels d'entretien du réseau national non concédé étaient de 426 millions d'euros et 456 millions d'euros respectivement en 2007 et 2008. Si l'on applique le pourcentage britannique, le coût d'une canicule représenterait en France sur l'année considérée une somme variant entre 64 millions d'euros et 70 millions d'euros. Si l'on utilise les pourcentages australiens, le surcoût annuel du changement climatique en France sur l'année considérée représenterait une somme variant entre -9 millions d'euros et +18 millions d'euros. Les effets indirects au niveau des fondations et assises n'ont pas été évalués (aléa géologique, sécheresse, variation du niveau des nappes phréatiques), ni les impacts sur l'exploitation des réseaux routiers, sur la sécurité routière, sur l'exploitation des tunnels. **Les coûts induits par des épisodes répétés de canicules (fatigue climatique) ou par une augmentation de l'intensité thermique (existence d'effets de seuil) restent par ailleurs, aujourd'hui inconnus.**

Le cas des submersions marines

Une hypothèse d'élévation du niveau de la mer d'1 mètre à l'horizon 2100 est retenue. Pour une submersion définitive, on considère que les ouvrages menacés sont ceux situés à une cote inférieure au trait de côte +1 mètre. Le coût pourrait correspondre à la perte de valeur patrimoniale.

À partir des informations relatives aux infrastructures de transport implantées à une cote inférieure à la cote de submersion centennale +1 mètre, provenant de la base de données BD Topo Pays® et en se fondant sur une estimation du coût patrimonial linéaire moyen de 10 millions d'euros par kilomètre des chaussées et du coût de remise en état d'environ 250 000 euros/km, **la remontée d'ensemble du niveau de la mer d'1 mètre représenterait un coût patrimonial, pour les routes nationales métropolitaines (hors autoroutes), hors pertes d'usage, pouvant aller jusqu'à 2 milliards d'euros.**

Limites de l'exercice

En premier lieu, un travail complémentaire devrait être mené sur le réseau départemental et communal et sur le réseau autoroutier. Un travail similaire devrait être engagé, avec les opérateurs, pour les infrastructures ferroviaires, portuaires, fluviales ainsi que sur le champ de l'exploitation et du matériel roulant.

- *Sécheresses et canicules*

- 1) Les évaluations ont été élaborées dans un contexte climatique plus ou moins éloigné du nôtre avec des référentiels techniques non comparables et des conditions d'exploitation différentes.
- 2) Les évaluations monétaires sont approximatives et très schématiques.
- 3) L'évaluation masque les disparités locales.

- *Submersion marine*

- 4) On observe des problèmes de correspondance entre les cotes de submersion centennale et les cotes du trait de côte + 1 mètre, impliquant des approximations.
- 5) Les cotes de protection ne sont pas identifiées.
- 6) L'analyse est menée par rapport au niveau statique de la mer sans prendre en compte des phénomènes de franchissement par la houle ; on n'a pas considéré les incidences de la cinétique de submersion (lente ou brutale) sur le risque côtier.

L'adaptation

L'adaptation a été abordée sommairement dans cette phase d'étude.

Tableau 31. Mesures d'adaptation préconisées

Gestion des réseaux	Engager une démarche avec les gestionnaires de réseaux d'infrastructures portuaires, ferroviaires, fluviales et des routes ne relevant pas du réseau routier national non concédé Développer des analyses de risque par réseau, par itinéraire et pour les ouvrages majeurs Sélectionner les axes stratégiques et les points sensibles devant bénéficier d'un aménagement prioritaire Développer les outils de communication, adapter les outils de gestion du trafic
Référentiels	Réviser le référentiel pour la construction et l'utilisation des réseaux de transport, l'entretien routier, et améliorer les connaissances sur le comportement des matériaux et des structures et sur le développement de solutions constructives innovantes
Risque côtier et risque d'inondation	Étudier les stratégies de « repli » vers l'intérieur/maintien sur place avec aménagements appropriés de protection/maintien sur place en acceptant des submersions temporaires Mettre au point des dispositifs de surveillance, d'alerte, de gestion de crise Établir des itinéraires et des moyens de transport de substitution
Gestion de l'eau pour les voies navigables	Développer des ouvrages de soutien Rechercher des solutions alternatives pour certains usages

Perspectives et recommandations

Les pistes identifiées sont présentées dans le tableau 32.

Tableau 32. Besoins de recherche, suivi, observation

Besoins de recherche	Étendre l'analyse aux réseaux routiers départementaux et communaux, aux réseaux ferroviaires, fluviaux, portuaires et aux transports en commun urbains
	<p>Canicules Lancer des travaux sur les effets de la canicule sur les chaussées et notamment sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la stratégie de la politique d'entretien du réseau – la « fatigue climatique » de l'enrobé par sollicitations répétées d'amplitudes thermiques importantes
	<p>Submersions – reprendre l'évaluation en prenant en compte les caractéristiques des ouvrages de protection – élaborer une méthode pour l'appréciation des coûts liés aux pertes d'usage</p>
Besoin de suivi et d'observation	<p>Canicules Observation et tests afin de vérifier les comportements des routes et des ouvrages d'art en cas d'épisodes répétés de canicule</p>

Éclairage complémentaire : le cadre bâti

Le cadre bâti partage avec les infrastructures de transport la particularité d'être **directement soumis aux aléas climatiques**. À dire d'expert, les principaux aléas touchant le secteur bâti et pouvant déboucher sur de l'adaptation seraient :

- les épisodes d'inondation (crues lentes, rapides, ruissellement urbain);
- les effets du vent;
- les effets du retrait-gonflement des argiles;
- les phénomènes de chaleur urbaine et les moyens de remédiation. L'adaptation du cadre bâti a notamment été examinée au sein des autres sous-groupes :
- énergie : actions visant à réduire la consommation énergétique en chauffage et climatisation à l'échelle des bâtiments;
- santé : adaptation des bâtiments pour limiter la vulnérabilité des occupants aux effets d'une période de canicule ou bien consécutivement à une inondation;
- risques naturels et assurances : adaptation au risque de retrait/gonflement, anticipation des impacts des inondations et du vent;
- territoires : mise en perspective de la prise en compte des impacts sur les bâtiments suivant les territoires.

Des connaissances nouvelles doivent être acquises. **Sur l'aléa canicule**, les **caractéristiques radiatives** des surfaces des éléments du tissu urbain jouent un rôle déterminant dans le bilan énergétique d'une zone urbaine. L'ampleur des impacts attendus d'une modification de ces caractéristiques est encore à valider. Il sera nécessaire d'étudier l'**acceptabilité sociale des mesures** et la définition des conditions pratiques de mise en œuvre et d'entretien/maintenance.

Pour ce qui est de l'aléa retrait/gonflement des sols argileux, la connaissance de l'**évolution de la teneur en eau des sols** est à acquérir.

L'évolution de la fréquence et de l'intensité des inondations étant très incertaine, les réflexions sur la réduction de la vulnérabilité des bâtiments exposés se nourrissent des travaux en cours sur l'**évaluation des mesures constructives** (y compris les bâtiments amphibies) et les **règles d'urbanisme**.

Territoires



Les messages clés

- Les territoires ne seront pas touchés de la même façon par le changement climatique : certains territoires, leurs activités économiques, leur densité démographique ou encore leur biodiversité, seront particulièrement impactés. Les travaux se sont concentrés sur quatre types de territoires : **le littoral, les zones urbaines, la forêt et la montagne.**
- En plus des aspects sectoriels analysés par les groupes thématiques, une analyse sous l'angle territorial doit intégrer des facteurs tels que les **dynamiques démographiques** – qui modifieront la distribution des impacts et le type de réponses à y apporter – les **différents niveaux d'échelle** afin d'identifier les incompatibilités dans les mesures préconisées et d'éviter les conflits.
- La question des **compétences et de l'emploi** est fondamentale et doit être pensée dès la définition des stratégies, pour accompagner la transition vers le changement.
- L'élaboration d'une politique d'adaptation à l'échelle d'un territoire doit prendre en compte **un ensemble d'acteurs** qu'il faut accompagner tout au long de la transition sous forme d'un apprentissage fondé à la fois sur une mise à niveau de la connaissance de l'évolution des phénomènes et sur une mise en valeur de la gouvernance locale (combinaison nécessaire à l'appropriation sociale du changement climatique).
- Au-delà des aspects globaux, il est nécessaire d'adapter les **comportements** : pour cela, une implication claire du politique est indispensable, relayée et appuyée par les acteurs de la vie économique et associative.

Objectifs et périmètre de l'étude

Transversal par définition, le groupe « Territoires » a axé ses travaux sur les **interactions sectorielles à l'échelle des territoires** et la notion de **transition vers le changement**. L'une des principales préoccupations dans le déroulement de sa démarche a été de **tendre vers la production d'outils opérationnels à destination des territoires** et de réfléchir aux instruments qui permettent aux acteurs, au-delà de la compréhension des enjeux, d'adapter leur gouvernance, leur communication, leurs outils de sensibilisation et de mobilisation.

L'analyse sous l'angle territorial : les territoires à enjeux

Les territoires ne seront pas touchés de la même façon par le changement climatique. Il a été proposé de « défricher » les enjeux liés à des territoires susceptibles d'être fortement impactés, de par l'importance de leurs activités économiques, de leur densité démographique ou de leur biodiversité.

Le littoral

La parcellisation de la prise de décision sur les territoires littoraux, la pression urbaine et les conflits d'usage en matière économique créent autant de vulnérabilités vis-à-vis des enjeux du changement climatique. Les questions de submersion des rivages, d'érosion des falaises, d'érosion du trait de côte sont autant de facteurs qui feront évoluer la typologie des territoires et auront un impact sur les activités qui y sont localisées.

Une étude réalisée sur le littoral en Languedoc-Roussillon (EDATER, Planète Publique, 2009) a montré que face aux multiples enjeux présents sur le territoire, l'entrée climat est réductrice au regard de la complexité économique, sociale, politique et des objectifs des acteurs de l'aménagement du territoire. Considérée au niveau local d'une filière ou d'un territoire, l'intégration des effets du changement climatique devrait se penser comme **l'une des variables des scénarios de développement**. L'appropriation par les acteurs des connaissances sur les phénomènes climatiques à venir et des actions à mettre en œuvre en fonction de leurs objectifs de développement socio-économique est un prérequis fondamental pour favoriser l'adaptation.

Les zones urbaines

Les zones urbaines constituent des territoires à fort enjeu en ce qui concerne l'analyse des impacts du changement climatique :

- d'une part, l'analyse de l'adaptation en zone urbaine souffre d'un manque important de références ;
- d'autre part, ce type de territoire (étendu aux zones péri-urbaines) concentre 75 % de la population.

Ce constat a poussé l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) à initier une étude sur la vulnérabilité des zones urbaines au changement climatique, dont le cahier des charges a été alimenté en partie par l'audition de la collectivité du Grand Lyon. Répondant aux enjeux révélés par cette audition, l'étude de l'ADEME visera à produire une **liste hiérarchisée de recommandations concernant la prise en compte de l'adaptation dans les politiques en milieu urbain**. Il s'agit là de réagir à la question des freins à la transition vers une politique d'adaptation en zone urbaine.

La montagne

Une audition du Comité du massif des Alpes, dont le comité scientifique a produit un état des lieux et des propositions sur l'avenir des activités face au changement climatique, a apporté un éclairage sur la problématique de l'adaptation dans ce territoire à forts enjeux. L'audition a révélé que :

- la plupart des acteurs publics concentrent leurs efforts sur des actions d'atténuation : peu de mesures d'adaptation sont envisagées pour faire évoluer le système alpin ;
- le long terme n'est pas favorable à une posture constructive des acteurs privés.

Ce double constat invite à placer le changement climatique au cœur des priorités du Comité de massif. Ces premiers travaux permettent déjà d'identifier des indicateurs de l'adaptation, des champs d'actions dont les coûts seront mesurables et des modes d'organisation favorables à une adaptation au changement sans rupture. Tout l'enjeu de la phase de transition vers le changement consistera à **définir des nouvelles fonctionnalités de la montagne de demain.**

La forêt

Les modélisations effectuées pour imaginer l'évolution territoriale de la répartition des espèces et les moyens de production qui en découlent indiquent une différenciation territoriale significative quant à l'évolution des potentiels de production : le potentiel climatique de production est diminué sur la moitié Sud et la façade Ouest du pays, alors que l'impact climatique est neutre ou bénéficiaire dans la partie Centre et Nord-Est. Il est nécessaire d'intégrer pleinement cette **dimension territoriale** dans les réflexions sur l'adaptation de la forêt, impliquant de disposer d'outils permettant d'aller dans ce sens.

Éléments transversaux d'analyse : démographie et échelles

La démographie : facteur de dispersion des risques?

L'Observatoire des territoires, dans le cadre de son rapport publié en 2009, a mis en évidence, de manière chiffrée, les grandes caractéristiques de la démographie française au cours des dernières années. De ce constat, on relève les caractéristiques suivantes, présentant une importance particulière :

- dynamiques générales : un haliotropisme, au-delà de l'habituel héliotropisme, et, dans une moindre mesure, une attractivité des grands fleuves ;
- dynamiques spécifiques : attractivité des grands pôles urbains pour les populations jeunes et pour une population plus âgée, dans les territoires urbains de moindre importance.

L'analyse sous l'angle territorial appelle une prise en compte spécifique de ces facteurs qui participent à **modifier les enjeux et nécessitent de définir des réponses**

adaptées (prise en compte de l'évolution de la densité en zone à risque dans les politiques d'adaptation aux risques naturels ; gestion adaptée des personnes âgées en périodes de canicule dans des zones qui présentent des difficultés d'accessibilité qu'elles soient urbaines ou rurales).

Les échelles : complémentarité des approches?

Il faut insister sur la nécessité de prendre en compte **tous les niveaux d'échelles** à chaque étape de l'analyse et de l'élaboration d'une stratégie. La capacité de synthèse inter territoriale et intersectorielle des connaissances et la mise en cohérence des stratégies des différents acteurs apparaissent dès lors comme un enjeu fort. L'inaction, ou l'action en refus de prise en compte du contexte, aura un effet notable par une vulnérabilité accrue des territoires ou de certains secteurs (économiques, naturels, sociaux...) et peut générer les impacts suivants :

- incompatibilités de stratégies d'adaptation sur un espace donné ;
- risque économique (insuffisance de financement des investissements portés par les collectivités) ;
- conflits d'usage générant des difficultés dans la gouvernance des territoires et des délais dans la prise de décision.

La question de l'emploi

Une étude initiée par la Commission européenne et les syndicats en 2003 indiquait que si le bénéfice global de la prévention du réchauffement climatique pour l'emploi est déjà démontré, celui-ci pouvait masquer des mouvements d'emplois significatifs au sein des secteurs ou des régions. **Si les questions de l'emploi et des compétences ne sont pas davantage intégrées dans les politiques du climat, on peut s'attendre à ce qu'elles deviennent une entrave significative aux transformations économiques** et sociétales exigées pour gérer la transition. Des analyses territoriales et sectorielles plus approfondies sont aujourd'hui nécessaires pour identifier le type et le nombre des emplois particulièrement vulnérables aux impacts du changement climatique et aux politiques d'atténuation ainsi que des emplois d'opportunité devant être générés, et pour aider à concevoir des politiques appropriées.

La gestion de la transition

L'élaboration d'une politique d'adaptation à l'échelle d'un territoire doit prendre en compte un ensemble d'acteurs dont les enjeux, les échelles territoriales de compétence et le niveau de conscience sont très variés.

Le groupe « Territoires » a sollicité chacun des groupes sectoriels afin d'identifier les acteurs, les pistes de réflexion au niveau territorial et les outils d'analyse des impacts et/ou d'accompagnement des mesures susceptibles d'être applicables

au niveau des territoires et/ou pour lesquels une déclinaison territoriale serait nécessaire. Cette démarche a révélé un certain nombre d'axes possibles pour gérer la phase de transition vers le changement.

- *Identifier les acteurs, les échelles territoriales de compétences*

- Tenir compte de l'existant, analyser les manques ou absences de subsidiarité entre les territoires.
- Mettre en place une articulation pertinente avec les acteurs privés.

- *Soutenir et développer la capacité d'adaptation des acteurs locaux*

- Consulter les acteurs en amont de la définition des stratégies.
- Améliorer la connaissance des impacts locaux, tester les propositions auprès d'échantillons d'acteurs.
- Prendre en compte les contextes spécifiques (exemple de l'attachement au terroir en agriculture).
- Mettre en relation les compétences et les capacités d'expertise.

- *Mettre à disposition des outils d'analyse et d'accompagnement*

- Travailler sur le besoin de données d'entrée pour caractériser les enjeux, d'un outil de structuration des actions et d'une démarche de communication autour de ces enjeux.
- Structurer l'observation, incluant l'analyse d'impacts mais également l'appui aux travaux de déclinaison territoriale des modèles climatiques et de l'observation de la migration des activités.
- Planifier et organiser la démarche territoriale.
- Accompagner les acteurs par la formation aux outils.

Le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du MEEDDM a intégré son projet d'élaboration d'une matrice de diagnostic et d'évaluation des impacts du changement climatiques sur les activités économiques aux enjeux du groupe « Territoires ». L'objectif est de proposer aux décideurs locaux un guide d'analyse et d'anticipation des éventuels risques encourus.

La perception et l'évolution des comportements face au changement climatique

L'analyse de Pierre Radanne, (Radanne, 2007) des **freins et des relais potentiels** pour faire basculer l'ensemble de la société dans l'action en matière de lutte contre le changement climatique a mis en avant une **faible perception du**

changement climatique qui reste ambiguë et doit être complétée par des instruments appropriés (formation des jeunes générations notamment). La question de la modification des comportements individuels reste encore en retrait, la difficulté étant qu'il s'agit de s'approprier une démarche de restriction sans que les gains envisageables soient perceptibles à court terme. Néanmoins, au-delà des politiques globales, les **comportements** peuvent aisément évoluer, à condition d'adopter une nouvelle discipline de vie allant de l'adaptation à un changement radical. Afin d'engager une dynamique vertueuse, il est nécessaire d'avoir identifié les éléments suivants :

- pour modifier les attitudes, il convient de disposer d'arguments concrets qui correspondent à la réalité des destinataires du message et à une vision de l'avenir qu'il puisse partager;
- l'angoisse peut entraîner des comportements de fuite ou d'évitement face à la réalité;
- le changement au niveau individuel progresse et construit en parallèle une chronique et une histoire collective. Les intellectuels ont un rôle dans la construction et l'identification de groupes de référence, puissants prismes vulgarisateurs du changement.

Définir un cadre cohérent et ordonner les priorités internes pour la mise en œuvre des engagements internationaux supposent une **implication claire du politique**, relayée et appuyée par les **acteurs de la vie économique et associative**.

Conclusion et recommandations

Les années récentes ont vu se développer la prise de conscience face à la réalité du changement climatique à la suite des événements météorologiques catastrophiques qui se sont produits : les tempêtes exceptionnelles de décembre 1999, plusieurs épisodes d'inondations et le drame de la canicule de 2003. Les rapports Stern et du GIEC en 2006 et 2007 ainsi que l'attribution du prix Nobel de la paix y ont également contribué. La sensibilisation des Français doit encore progresser de façon notable sur ce sujet afin de déclencher une modification significative des comportements et l'acceptation des mesures nécessaires d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. La sensibilisation des élus reste inégale en ce qui concerne la réalité des changements et surtout la possibilité d'influer sur eux.

L'évaluation des coûts des impacts du changement climatique et de l'adaptation à l'échelle nationale représente aujourd'hui un **véritable défi** compte tenu de l'incertitude qui affecte les projections climatiques et de la quasi-absence de méthodes d'évaluation. Le manque ou l'indisponibilité des données sont également un frein à la quantification des impacts et de l'adaptation. Dans ce contexte, il a fallu poser des hypothèses simplificatrices et abandonner certains champs d'étude.

Le travail réalisé ne visant pas l'exhaustivité, à ce stade, certains champs n'ont pas été traités et devront faire l'objet d'une attention particulière dans les travaux ultérieurs. On citera en premier lieu les aspects suivants :

- l'urbanisme, les secteurs portuaires, fluviaux et ferroviaires, l'industrie ;
- le secteur maritime, de la pêche et de l'aquaculture ;
- les activités du secteur tertiaire autres que le tourisme ;
- les activités du secteur industriel autres que la production d'énergie ;
- les effets secondaires des impacts directs (par exemple, les effets secondaires de pertes de revenu touristique dans les régions dans lesquelles il représente une part importante de l'activité) ;
- les effets redistributifs du changement climatique, les territoires et les groupes sociaux n'étant pas égaux face à ses impacts ;
- les effets de propagation (flux migratoires notamment) : les travaux futurs devront s'inscrire dans un cadre plus vaste que celui d'une France « isolée du reste du monde ».

L'outre-mer est particulièrement vulnérable au changement climatique de par sa situation géographique, sa grande biodiversité et son système socio-économique avec en particulier une concentration des populations dans les zones littorales. L'approche du changement climatique, de ses conséquences et de l'adaptation est différente de celle de la métropole. L'évaluation quantitative des impacts, des vulnérabilités et des mesures d'adaptation est donc une priorité qui implique d'améliorer la connaissance de l'évolution des paramètres climatiques et de ses conséquences dans ces zones.

Le besoin d'une meilleure connaissance est l'un des objectifs prioritaires de ces prochaines années. Il s'agit de :

- 1) **Améliorer les connaissances sur les évolutions climatiques**, en particulier pour les aléas et paramètres soumis à une incertitude importante, tels que :
 - l'évolution du régime des précipitations ;
 - l'élévation du niveau de la mer ;
 - les aléas climatiques fortement localisés, par exemple les aléas gravitaires
 - les évolutions des régimes d'insolation et de vent ;
 - les impacts du changement climatique sur le régime hydrologique ;
 - la modification des principales caractéristiques physico-chimiques des habitats marins.
- 2) **Améliorer la caractérisation de certains aléas** – les sécheresses ou les canicules par exemple – en termes d'intensité, de durée ou encore de territorialisation.
- 3) **Produire des données territorialisées**, que cela soit pour les aléas, les modèles, les *scénarii* climatiques ou les scénarios de développement socio-économiques.
- 4) **Améliorer la caractérisation de l'incertitude** sur l'évolution du climat et sur les réponses des systèmes naturels et humains à ces évolutions.
- 5) **Replacer le changement climatique dans le contexte de changements globaux.**
- 6) **Développer des scénarios socio-économiques prospectifs à l'échelle française**, territorialisés et communs à tous les secteurs.
- 7) **Améliorer la caractérisation et la quantification des impacts non marchands**, particulièrement pour des secteurs tels que la biodiversité, la santé ou la forêt qui, par définition, traitent en grande partie de « biens » et de services non marchands.
- 8) **Intégrer les problématiques d'adaptation et d'atténuation**, en initiant des travaux de recherche visant une meilleure identification des synergies et des conflits entre ces deux approches.
- 9) **Améliorer la compréhension des comportements d'adaptation spontanée** des différents acteurs : ceux-ci gouvernent en partie l'ampleur des impacts du changement climatique pour les secteurs étudiés.
- 10) Engager une réflexion sur la **faisabilité et l'acceptabilité** des mesures d'adaptation planifiée.
- 11) Poursuivre les travaux sur les **coûts de l'adaptation**, qui n'ont été que peu abordés ici, ce qui implique de disposer d'outils d'analyse économique de l'adaptation, à la croisée de **l'économie de l'incertain** et de **l'économie du long terme**.
- 12) Travailler sur la **prise en compte des interactions sectorielles** : caractérisation précise, voire modélisation de ces interactions, afin de prendre en compte les éventuels transferts de vulnérabilité entre secteurs.

- 13) Poursuivre une **réflexion multirisques et multisectorielle** sur l'adaptation.
- 14) Travailler sur les impacts « **redistributifs** » du changement climatique.
- 15) Travailler sur les effets de **propagation transfrontalière**.
- 16) **Décliner la démarche à d'autres échelles** et notamment celle des collectivités locales.

De manière générale, il convient de souligner que les leviers d'action en matière d'adaptation sont essentiellement détenus par les collectivités locales.

Sans minimiser les difficultés d'ordre méthodologique rencontrées et les limites exposées tout au long de ce rapport, le message est clair : **le changement climatique en France métropolitaine aura un coût significatif qu'une adaptation organisée et réfléchie pourra permettre de limiter**, voire dans certains cas, de transformer en **opportunité**. Les travaux exposés dans ce rapport apportent des éléments concrets qui permettent de jalonner la réflexion sur le changement climatique, ses impacts et les coûts engendrés. Malgré les incertitudes considérables qui subsistent, les résultats présentés doivent servir à la définition des politiques publiques en matière d'adaptation.



ANNEXES

ANNEXE I. LA POLITIQUE DE LA FRANCE EN MATIÈRE D'ADAPTATION

La stratégie nationale d'adaptation

Le premier rapport de l'ONERC au Premier ministre et au Parlement en juin 2005 présentait les principales conséquences du réchauffement climatique en France et contenait des recommandations en matière d'adaptation. Ce rapport a permis de définir la stratégie nationale d'adaptation qui a été validée par le Comité interministériel pour le développement durable du 13 novembre 2006. Elle est disponible sur le site internet de l'ONERC.

La stratégie nationale d'adaptation, qui vise à réduire notre vulnérabilité aux conséquences du changement climatique, retient les principes suivants pour la mise en œuvre de l'adaptation :

- le souci de l'équité, qui exige d'associer toutes les collectivités et catégories socioprofessionnelles susceptibles de subir les conséquences du changement climatique ;
- l'anticipation des situations de crise, autant que cela sera possible ;
- le fait que le recours aux dispositifs d'assurance, privés ou publics, ne permettra pas de répondre à toutes les situations et pourra même retarder des décisions d'adaptation nécessaires ;
- le fait que les aides et les subventions ne doivent pas conduire à faire perdurer des situations sans issue, mais plutôt favoriser les évolutions et les diversifications économiques dans une optique de développement durable ;
- le souci d'articulation avec l'atténuation ;
- la recherche d'actions présentant d'autres avantages, en dehors du changement climatique.

L'adaptation doit être prise en compte au sein de tous les métiers. En raison de leur nature transversale et des relations qu'elles entretiennent avec les secteurs économiques, sociaux et environnementaux, on examine d'abord les approches transversales suivantes : l'eau, les risques, la santé, la biodiversité. Des éclairages sont ensuite apportés sur les activités économiques suivantes : l'agriculture, l'énergie et l'industrie, les transports, le bâtiment et l'habitat, le tourisme.

Enfin, l'adaptation doit aussi se penser de façon intégrée, en considérant cette fois-ci non plus des secteurs d'activité pris individuellement mais la combinaison la plus pertinente possible de politiques sectorielles au sein de « milieux » sélectionnés en raison de leur vulnérabilité particulière : la ville, le littoral et la mer, la montagne, la forêt.

Le plan national d'adaptation

Le ministre d'État, ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, a présenté une communication sur la stratégie d'adaptation au changement climatique le 13 février 2009 en Conseil des ministres. Cette communication insiste sur le fait qu'il est nécessaire de préparer dès à présent notre adaptation aux évolutions climatiques qui vont se produire.

La loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, prévoit, dans son article 42, qu'un plan national d'adaptation pour les différents secteurs d'activité devra être préparé pour 2011. Il rassemblera des orientations ambitieuses sur des sujets aussi divers que la lutte contre les inondations et l'adaptation des zones littorales, l'évolution des forêts, la question de l'eau et l'adaptation de l'économie. L'élaboration de ce plan fera l'objet d'une vaste concertation qui sera lancée au dernier trimestre 2009.

Ce plan trouvera sa déclinaison territoriale dans les « plans climat-énergie » qui devront être établis par les départements, communautés urbaines, communautés d'agglomérations, communes et communautés de communes de plus de 50 000 habitants avant 2012 et dans les futurs schémas régionaux « climat air énergie » proposés par le projet de loi portant engagement national pour l'environnement, soumis au parlement à partir de septembre 2009.

La loi du 3 août préconise également, pour les départements, les régions et les collectivités d'outre-mer et la Nouvelle-Calédonie, de mettre en place une stratégie locale d'adaptation aux conséquences du changement climatique.

L'action des collectivités

Une politique nationale d'adaptation ne peut se concevoir sans la participation active des collectivités territoriales aux côtés de l'État et de l'Union européenne, selon un principe de subsidiarité. En effet, les impacts effectifs du changement climatique sur un territoire sont très fortement liés aux caractéristiques locales, socio-économiques, institutionnelles et culturelles et sa capacité d'adaptation l'est encore plus.

Le plan climat 2004 recommandait la réalisation de plans climats territoriaux. Un certain nombre de collectivités se sont engagées dans la réalisation de ces plans, en particulier au niveau régional. L'analyse d'une quinzaine de plans climat régionaux et départementaux montre que l'adaptation est très peu traitée dans ces documents. L'essentiel des propositions concerne le renforcement de la connaissance et le lancement d'études, viennent ensuite les actions de communication. Seuls trois plans ont des mesures concrètes visant le domaine de l'eau et de la forêt. L'adaptation reste un domaine peu reconnu et un effort de formation et d'information doit être conforté.

La ville de Paris aborde la question des canicules dans son « Livre blanc » (SOLVING-France, 2007) en notant que « *le comportement du bâtiment en situation de canicule est ressenti aujourd'hui comme l'enjeu principal en matière d'adaptation, pas seulement au titre du confort, mais surtout pour des objectifs de santé publique.* » Les réponses proposées sont dans l'ordre : protéger les vitrages du rayonnement solaire direct, isoler par l'extérieur et rafraîchir en ne privilégiant pas la climatisation. Ce document incite les professions du bâtiment à s'associer et se coordonner pour proposer des solutions adaptées. Les régions Île-de-France, et Provence-Alpes-Côte d'Azur, les départements de La Réunion et de la Martinique notamment ont organisé des colloques importants sur la question des impacts et de l'adaptation. Des études exhaustives ont été effectuées ou sont en cours sur plusieurs régions ou collectivités : grand Sud-Est, Loire, Rhône-Alpes, Lorraine, Nord, Bretagne, Basse-Normandie, etc.

L'étude mission d'études et de développement des coopérations interrégionale et européenne dans le grand Sud-Est (MEDCIE, 2008) ou l'étude Lorraine apportent des contributions très intéressantes en termes de méthodologie. Toutes deux proposent une approche par secteur après avoir défini le cadre du changement climatique dans leur territoire et évalué ses impacts. Ces études peuvent servir de modèle pour d'autres régions.

Les différents acteurs réunis par le Grenelle Environnement ont convergé vers la nécessité de mettre en place des plans climat sur l'ensemble du territoire. Ainsi, la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, stipule : « *Le rôle des collectivités publiques dans la conception et la mise en œuvre de programmes d'aménagement durable doit être renforcé. À cet effet, l'État incitera les régions, les départements et les communes et leurs groupements de plus de 50 000 habitants à établir, en cohérence avec les documents d'urbanisme, et après concertation avec les autres autorités compétentes en matière d'énergie, de transport et de déchets, des plans climat-énergie territoriaux avant 2012* » (chapitre II, article 7).

Le projet de loi portant engagement national pour l'environnement donne un caractère obligatoire à la conception des plans climat-énergie territoriaux (PCET) en gardant la même l'échéance.

Les démarches des PCET ont pour ambition de réaliser, en fonction des enjeux et des spécificités locales, une continuité entre atténuation et adaptation. En effet, il ne sert à rien de réduire ses émissions si les paramètres d'un environnement en plein bouleversement ne sont pas intégrés aux stratégies de développement territorial. Il s'agira d'y articuler stratégie d'adaptation et d'atténuation avec :

- le relevé des impacts du changement climatique déjà constatés sur le territoire, avec notamment leurs conséquences sociales ;
- l'analyse de la vulnérabilité du territoire aux événements climatiques futurs et de sa nécessaire adaptation.

En complément, le projet de loi Grenelle 2 institue des schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie réalisés conjointement par le préfet de région et le

président du conseil régional. Cette co-élaboration devra se faire dans un délai très court d'un an à compter de la publication de la loi.

Dans ce dispositif, le principe des schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie est de renforcer la cohérence de l'action territoriale en donnant aux collectivités territoriales, en charge de la dimension opérationnelle, des orientations et un cadrage régional. À ce titre, les schémas intègrent désormais en un seul document les orientations de lutte contre l'effet de serre et contre la pollution atmosphérique, de développement des énergies renouvelables, de promotion de l'efficacité énergétique et d'adaptation au changement climatique. Ils intègrent les anciens dispositifs des plans régionaux pour la qualité de l'air et des schémas régionaux éoliens. Ils servent de cadre aux nouveaux plans climat-énergie territoriaux qui devront être compatibles avec les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie.

Dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, le schéma régional pourra préconiser un aménagement cohérent au regard de ses impacts sur le cycle de l'eau : maîtrise du risque inondation, amélioration de la qualité de l'eau, maîtrise des prélèvements, préservation et restauration des milieux.

L'élaboration du schéma nécessitera également de mobiliser les collectivités territoriales et l'ensemble des acteurs économiques pour préparer des propositions de stratégie d'adaptation à l'échelle du territoire régional.

L'action au niveau des entreprises

Les grandes entreprises se préoccupent également de l'adaptation. Le groupe Veolia a ainsi mis en place un observatoire des gaz à effet de serre, structure informelle qui sert à alimenter la réflexion des différentes branches du groupe et qui suit de près les progrès en matière d'adaptation. Dans le domaine de l'énergie, EDF, GDF-Suez, RTE ont participé aux travaux du groupe interministériel sur les impacts et les coûts du changement climatique en France. Le club ViTeCC, (villes, territoires et changement climatique) créé par la Caisse des dépôts et consignations, Météo-France et l'ONERC a vocation à être un lieu de mobilisation et d'échange entre les institutions, le monde de la recherche, les collectivités, les entreprises, autour de la lutte contre le changement climatique et l'adaptation.

ANNEXE II. L'ADAPTATION DANS LE MONDE

L'adaptation dans le cadre des négociations des Nations unies

Les premières mesures

La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), constitue le cadre de l'action internationale pour l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à leurs impacts. La CCNUCC, adoptée en 1992 à Rio, est entrée en vigueur en 1994 et compte actuellement 191 parties (États membres). En signant cette Convention, les parties se sont engagées à lancer des stratégies nationales pour l'adaptation aux impacts des changements climatiques, et, pour les pays développés, à fournir un appui financier et technique aux pays en développement.

La Convention fait référence à l'adaptation dans plusieurs de ses articles, en particulier l'article 4 qui stipule que les États mettent en place « *des mesures visant à faciliter l'adaptation appropriée aux changements climatiques* ».

Les premières réunions de la Conférence des parties (CdP) ont surtout été consacrées à la réduction des émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés, dans le but de limiter le changement de climat et de minimiser ses effets. La capacité d'adaptation était considérée comme inhérente aux écosystèmes et à la société et donc ne nécessitait pas de politiques explicites ou volontaristes. De plus, l'adaptation était alors considérée comme un recours défaitiste qui reflétait une incapacité à relever les défis de l'atténuation.

Au fil des années, l'autorité suprême de la Convention, à savoir la CdP, a pris plusieurs décisions en matière d'adaptation. Ces décisions concernent l'appui et le financement des pays en développement par les pays développés, pour les aider en matière d'évaluation des impacts, de formation, d'éducation et de sensibilisation, de mise en œuvre d'activités d'adaptation concrètes, de promotion du transfert de technologies et de partage des expériences à travers des ateliers régionaux.

Les premiers progrès significatifs sur l'adaptation ont été constatés au cours de la septième CdP en 2001. La CdP a reconnu que les pays en développement seraient souvent les plus touchés par les effets du changement climatique et qu'ils avaient besoin d'un appui financier et technique pour évaluer leurs vulnérabilités et développer des plans pour s'adapter à ces impacts. La CdP a en particulier créé deux fonds spéciaux pour appuyer l'adaptation : le fonds pour les pays les moins avancés et le fond spécial pour les changements climatiques. Ces fonds ont pour but de financer la mise en œuvre de programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA) et des projets liés à l'adaptation, au transfert de

technologie, à la gestion de l'énergie, de l'agriculture ainsi que des projets liés à la diversification économique.

Les parties ont également créé le fonds pour l'adaptation au titre du protocole de Kyoto pour financer des projets concrets d'adaptation dans les pays en développement. Il est abondé par une contribution de 2 % des recettes des projets du mécanisme pour un développement propre (MDP) qui permettent à un État ou une entreprise d'investir dans une action de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans un pays en développement en échange d'une certaine quantité d'unités de réduction d'émissions certifiées. Ce fonds est géré par le Conseil du fonds pour l'adaptation au sein duquel les gouvernements sont représentés suivant la distribution régionale des Nations unies avec une majorité de pays en développement. Le Conseil doit rendre compte directement à la CdP.

Les progrès récents

En 2005, la CdP a défini un programme de travail, dit programme de travail de Nairobi, ayant deux objectifs :

- assister les pays, notamment les pays en développement, à améliorer leur compréhension et l'évaluation des impacts du changement climatique et de la vulnérabilité ;
- aider les pays à prendre des décisions quant aux actions et mesures pratiques d'adaptation pour faire face aux changements climatiques sur de bonnes bases scientifiques, techniques et socio-économiques, en tenant compte des changements climatiques actuels et futurs et de la variabilité du climat.

Ce programme définit neuf axes de travail :

- 1) Méthodes et outils.
- 2) Données et observations.
- 3) Modélisation du climat, scénarios et descente d'échelle.
- 4) Risques en lien avec le climat et les événements extrêmes.
- 5) Informations socio-économiques.
- 6) Planification et pratique de l'adaptation.
- 7) Recherche.
- 8) Technologies pour l'adaptation.
- 9) Diversification économique.

Les principaux résultats attendus de ce programme de travail de Nairobi sont de : 1) renforcer des capacités aux niveaux international, régional, national, sectoriel et local afin d'identifier et comprendre les impacts, la vulnérabilité et de sélectionner puis mettre en œuvre des actions d'adaptation pratiques, effectives et prioritaires ; 2) améliorer l'information pour éclairer la CdP à la Convention climat et à ses organes subsidiaires sur les aspects scientifiques, techniques et socio-économiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation ; 3) favoriser la dissémination et l'usage du savoir et du savoir-faire en matière d'adaptation ; 4) favoriser une coopération entre les parties, les organisations clés, les acteurs privés, la société civile et les décideurs afin d'améliorer leur habileté à

gérer les risques climatiques ; 5) favoriser l'intégration des actions d'adaptation aux changements climatiques avec celles destinées à atteindre les objectifs de développement durable.

Lors de sa treizième session, en 2007 à Bali, la CdP a adopté une décision appelée la « feuille de route de Bali » qui définit le calendrier d'un nouveau processus de négociation pour traiter des changements climatiques, pour préparer la suite du protocole de Kyoto sur la période après 2012. La « feuille de route de Bali » a également insisté sur la nécessité d'améliorer l'action dans le cadre de l'adaptation et en particulier la mise à disposition des ressources financières, des investissements et des technologies pour appuyer les actions en matière d'adaptation.

Afin de mettre en œuvre ce processus, un organe subsidiaire a été créé au titre de la Convention, appelé le groupe de travail spécial sur l'action concertée à long terme au titre de la Convention (AWG-LCA). Ce groupe de travail s'est réuni pour la première fois à Bangkok en avril 2008. Les parties ont convenu d'un programme de travail qui prévoit des négociations sur deux ans pour parvenir à un accord à long terme. Étant donné que les thèmes atténuation et adaptation sont étroitement liés, les parties ont convenu de discuter des cinq principaux éléments – à savoir, l'adaptation, l'atténuation, la technologie, le financement et la vision commune pour une action concertée à long terme – en parallèle à chacune des sessions. Par ailleurs, chaque session traitera de sujets spécifiques liés à chacun de ces éléments.

Lors de la deuxième réunion de ce groupe de travail en juin 2008, l'adaptation a été examinée dans un atelier sur « L'amélioration de l'adaptation à travers le financement et la technologie ». À l'issue de ces discussions, les questions ont été classées sous quatre catégories d'actions d'adaptation, susceptibles de constituer des pistes de discussion à l'avenir :

- la planification nationale de l'adaptation ;
- la rationalisation du processus d'appui et une hausse de l'appui financier et technologique ;
- l'amélioration du partage des connaissances ;
- les cadres institutionnels pour l'adaptation.

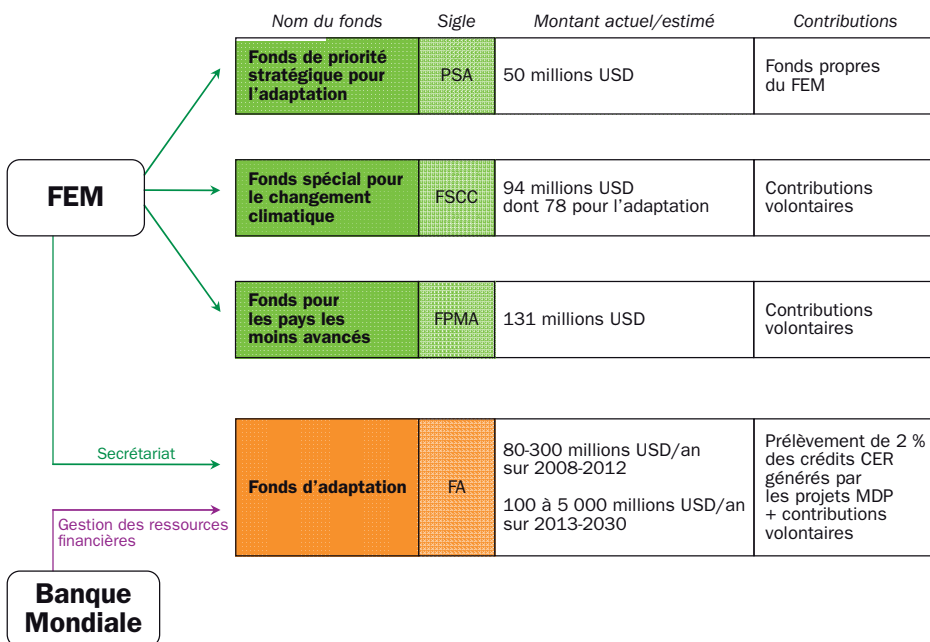
L'accord obtenu à Poznan, pour la quatorzième CdP, a donné au fonds d'adaptation la capacité juridique lui permettant désormais d'être opérationnel pour financer des projets d'adaptation dans les pays les plus vulnérables. Ce fonds sera notamment abondé par des revenus des enchères provenant des marchés du carbone, l'Union européenne s'étant engagée à affecter 50 % des recettes des enchères des quotas à la lutte contre le changement climatique, dont une partie substantielle pour les pays tiers. Il reflète l'engagement financier de l'Union européenne vis-à-vis des pays en développement, sans pour autant que soit sécurisé son abondement, soumis encore à débats. Les pays du sud, futurs utilisateurs de ce fonds, voudraient en effet pouvoir compter sur des recettes prélevées sur l'ensemble des mécanismes de transactions de quotas du protocole de Kyoto, et non pas seulement sur la taxe sur le mécanisme de développement propre, qui

concerne les investissements faits par les industries du Nord dans les pays du sud, en échange de quotas de CO₂.

Les pays en développement, et singulièrement les pays les moins avancés, souvent les plus vulnérables aux effets du changement climatique, demandent que le thème de l'adaptation bénéficie de la même attention que celui de l'atténuation. Le financement de l'adaptation constitue une question cruciale pour les pays en développement et sera un des sujets majeurs de discussion lors de la quinzième Conférence qui se tiendra à Copenhague en décembre 2009. On peut augurer qu'il n'y aura pas d'accord avec les pays en développement si ce point n'est pas traité de manière satisfaisante.

La France souhaite que, pour rendre possible la mise en œuvre de l'adaptation par tous les acteurs concernés, les pays développés s'engagent à soutenir financièrement, de manière appropriée, les institutions concernées (multilatérales et bilatérales, dans le cadre de la Convention climat et en dehors), et à utiliser de manière efficace et optimisée les fonds disponibles à travers les organismes compétents existants dont le Fonds d'adaptation du protocole de Kyoto.

Graphique 4. Mécanismes de financement de l'adaptation (mission « Climat » de la Caisse des dépôts et consignations)



L'adaptation dans l'Union européenne

Le « Livre vert »

Dans sa communication COM (2005) 35 « Vaincre le changement climatique planétaire » parue en février 2005, l'Union européenne consacre un chapitre à l'adaptation et à la nécessité de s'y investir, pour les pays développés comme pour les pays en développement. Le Conseil européen a demandé à la Commission d'explorer le rôle de l'Union européenne dans la réduction de la vulnérabilité et la promotion de l'adaptation. La Commission a mis en place à cet effet un programme de travail *European Climate Change Programme – Working Group II – Impacts and Adaptation*, ce qui a abouti à dix réunions thématiques.

En 2007, la Commission européenne a publié un « Livre vert » sur l'adaptation au changement climatique encourageant la participation des États membres à la définition du processus d'adaptation et à la coordination des efforts pour limiter les coûts de l'adaptation. Ce « Livre vert » confirme que les effets du changement climatique en Europe et dans l'Arctique sont déjà significatifs et mesurables. Le changement climatique aura des conséquences lourdes sur le milieu naturel de l'Europe et sur pratiquement tous les segments de la société et de l'économie. En raison de la non-linéarité des effets du changement climatique et de la sensibilité des écosystèmes, même de petites variations de température peuvent avoir une incidence considérable.

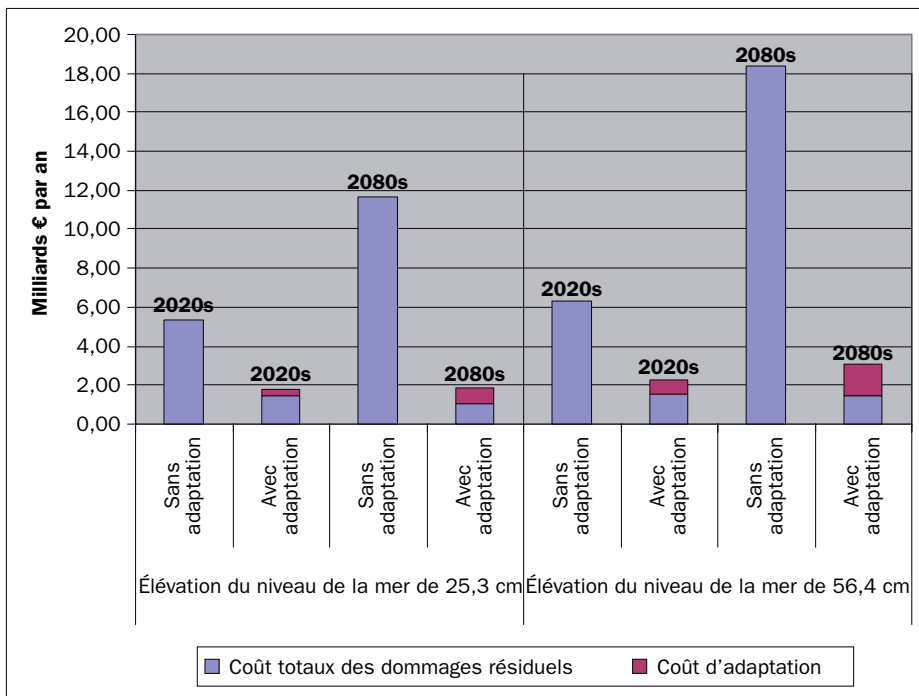
Le « Livre vert » s'appuie sur le rapport Stern (Stern, 2006) sur les aspects économiques du changement climatique qui conclut que les mesures d'adaptation pourraient réduire les coûts à condition qu'un dispositif soit mis en place en vue d'éliminer les obstacles à l'action privée. Il est peu probable que les mécanismes du marché permettent à eux seuls une adaptation efficace en raison d'un certain degré d'incertitude dans les projections climatiques et d'un manque de ressources financières. Une adaptation efficace sur le plan des coûts est donc la solution la plus appropriée.

D'après les premières estimations du rapport Stern, en cas d'élévation de la température moyenne du globe comprise entre 3 et 4 °C, les coûts supplémentaires d'adaptation des infrastructures et des bâtiments pourraient déjà atteindre 1 à 10 % du total des investissements réalisés dans la construction par les pays de l'OCDE. Les frais supplémentaires à engager pour rendre les nouvelles infrastructures et les nouveaux bâtiments plus résistants au changement climatique dans les pays de l'OCDE pourraient se situer entre 15 et 150 milliards de dollars chaque année (0,05 à 0,5 % du PIB). Si rien n'est fait pour empêcher que la hausse des températures atteigne 5 à 6 °C, les mesures d'adaptation verront probablement leur coût fortement augmenter et, qui plus est, leur efficacité relative diminuer.

Comme le montre le graphique suivant, extrait du « Livre vert », les coûts des dommages provoqués par l'élévation du niveau de la mer, dans une situation de *statu quo*, peuvent être jusqu'à quatre fois supérieurs aux coûts qui devraient être supportés si des moyens supplémentaires de protection contre les inondations étaient

installés. En l'absence de toute mesure, les coûts liés aux dommages enregistrent une forte hausse à partir des années 2020 jusqu'aux années 2080.

Graphique 5. Coût des dommages



Source : « Livre vert » de l'Union européenne.

Le « Livre vert » reconnaissait qu'en agissant vite, on pouvait tirer des avantages économiques indéniables par l'anticipation des dommages potentiels et par la minimisation des risques pour les écosystèmes, la santé humaine, le développement économique, les biens et les infrastructures. Par ailleurs, si elles jouaient un rôle moteur en matière de stratégies et de technologies d'adaptation, les entreprises européennes pourraient bénéficier d'avantages concurrentiels. Il soulignait l'importance de posséder une connaissance suffisante des échéances temporelles du changement climatique afin d'établir des priorités.

Constatant que l'Europe ne serait pas épargnée par les impacts du changement climatique, le « Livre vert » propose de cibler l'action selon quatre piliers :

- intégrer l'adaptation lors de la mise en œuvre de la législation et des politiques sectorielles ainsi que dans les programmes de financement communautaires existant ;
- intégrer l'adaptation dans l'action extérieure de l'Union ;
- réduire l'incertitude en élargissant le socle de connaissances grâce à la recherche intégrée sur le climat ;
- faire participer la société, les entreprises et le secteur public européens à l'élaboration de stratégies d'adaptation coordonnées et globales.

Ce document constitue une très bonne synthèse des problèmes posés par le changement climatique et il envisage des pistes pertinentes pour l'adaptation. La France a cependant émis quelques souhaits d'amélioration. En premier lieu, l'analyse faite paraissait à la fois très générale et simpliste quant à la nature des impacts. Les incertitudes liées à la modélisation climatique, les grandes disparités de situation sur le territoire européen n'étaient pas assez prises en compte. Par ailleurs, les conséquences sociales du changement climatique pour l'Europe demeurent peu développées, peut-être par manque d'informations sur ces questions. Les questions spécifiques aux régions ultrapériphériques d'Europe ne sont pas abordées. C'est une lacune importante de ce document, car outre leurs vulnérabilités spécifiques, ces territoires constituent une vitrine de l'Europe pour les pays avoisinants et pourraient jouer un rôle important dans l'action extérieure de l'Union européenne.

Le « Livre blanc »

Faisant suite à ce « Livre vert », un « Livre blanc » a été publié en avril 2009. Dans ce document, la Commission justifie à plusieurs titres la prise en compte de l'adaptation dans les politiques européennes car, si du fait de la variabilité régionale et de la gravité des effets climatiques la plupart des mesures d'adaptation seront prises au niveau national, régional ou local, ces mesures peuvent être appuyées et renforcées par une approche intégrée et coordonnée au niveau communautaire. En outre, d'un point de vue économique, l'action publique est indispensable pour optimiser l'adaptation des systèmes au changement climatique car l'adaptation autonome, mise en place au niveau privé, n'a aucune raison de permettre cette optimisation et certaines actions spontanées des acteurs économiques sont susceptibles de conduire à des effets contradictoires ou même négatifs.

Le « Livre blanc » affirme que « l'Union européenne a un rôle particulièrement important à jouer dans les cas où les effets du changement climatique dépassent les frontières nationales (par exemple, bassins fluviaux et maritimes et régions biogéographiques). L'adaptation exigera des États membres qu'ils fassent preuve de solidarité les uns envers les autres pour que les régions défavorisées et les régions qui seront le plus durement touchées par le changement climatique soient à même de prendre les mesures d'adaptation qui s'imposent. En outre, l'action coordonnée de l'Union européenne sera nécessaire dans certains secteurs (comme l'agriculture, l'eau, la biodiversité, la pêche et les réseaux d'énergie) qui sont largement intégrés au niveau de l'Union européenne grâce au marché unique et aux politiques communes. »

L'approche proposée par le « Livre blanc » se déroulerait en deux phases. L'objectif de la première phase, jusqu'en 2012, est de mieux comprendre les effets du changement climatique et d'examiner les mesures d'adaptation envisageables ainsi que la façon d'intégrer l'adaptation dans les principales politiques communautaires. La Commission envisage ainsi de mettre en œuvre d'ici 2011 un centre d'échange d'informations sur les effets du changement climatique. La deuxième phase consisterait à élaborer pour 2013 une stratégie communautaire complète d'adaptation au changement climatique.

Ainsi que la France l'avait demandé à la suite du « Livre vert », le développement des connaissances apparaît comme le premier objectif. Il est certain que les bases de cette connaissance doivent encore être fortifiées pour pouvoir fournir des indicateurs régionaux pouvant guider une politique efficace d'adaptation. Le centre d'échange d'informations dont la création est suggérée dans ce « Livre blanc » servirait d'outil informatique et de base de données en matière d'incidences du changement climatique, de vulnérabilité et de bonnes pratiques dans le domaine de l'adaptation. Il existe de nombreux travaux scientifiques de grande valeur sur les impacts et l'adaptation, mais qui ont été réalisés à partir d'hypothèses très variées et dont la présentation peu homogène peut désorienter les meilleures volontés. Il est indispensable de mieux rassembler, structurer et diffuser les données scientifiques susceptibles d'aider les États, les collectivités territoriales, les entreprises et toutes les parties prenantes à étudier des mesures d'adaptation qu'ils souhaiteront prendre le moment venu. Il est hautement souhaitable de définir un cadre technique cohérent pour l'action, compatible et articulé avec les cadres nationaux et locaux.

Il est recommandé également de définir pour 2011 des indicateurs permettant de mieux contrôler les effets du changement climatique, la vulnérabilité et les progrès en matière d'adaptation, d'avancer dans la mise au point des méthodes, modèles et ensemble de données et d'instruments de prévision et enfin d'évaluer les coûts et avantages des options d'adaptation.

Il est enfin projeté d'intégrer la problématique de l'adaptation dans les politiques sectorielles mises en place au niveau de l'Union européenne, pour les secteurs suivants : agriculture et développement durable, industrie et services, énergie, transports, santé, eau et autres ressources naturelles, pêche et milieu marin, écosystèmes et biodiversité. Il est souligné par ailleurs qu'un réexamen du cadre législatif relatif à la concurrence pourrait se justifier dans certains domaines afin de prendre en compte les effets inégaux du changement climatique sur différentes activités. Enfin, certaines politiques étant déjà mises en place dans certains pays, l'Union européenne devrait jouer un rôle de coordination et d'intégration.

Actions préconisées par le « Livre blanc » de la Commission européenne

1) Édifier le socle de connaissances :

- Prendre les mesures nécessaires pour créer, pour 2011, un centre d'échange d'informations.
- Mettre au point des méthodes, modèles, ensembles de données et instruments de prévision pour 2011.
- Définir pour 2011 des indicateurs permettant de mieux contrôler les effets du changement climatique, la vulnérabilité et les progrès en matière d'adaptation.
- Évaluer les coûts et avantages des options d'adaptation pour 2011.

2) Renforcer la résilience des politiques sanitaires et sociales.

3) Renforcer la résilience du secteur agricole et des forêts.

4) Renforcer la résilience de la biodiversité, des écosystèmes et des ressources en eau.

5) Renforcer la résilience des zones côtières et marines.

6) Renforcer la résilience des systèmes de production et de l'infrastructure physique.

7) Financement.

- Estimer les coûts d'adaptation dans les domaines politiques concernés afin qu'ils puissent être pris en considération dans les futures décisions financières.
- Examiner plus en détail l'utilisation potentielle des mesures de financement innovantes dans un but d'adaptation.
- Étudier les possibilités pour les assurances et autres produits financiers de compléter les mesures d'adaptation et de fonctionner en tant qu'instruments de partage des risques.
- Encourager les États membres à utiliser les revenus du système d'échange de quotas d'émission de CO₂ dans l'Union européenne (SCEQE) à des fins d'adaptation.

8) Partenariat entre États membres.

- Prendre la décision d'établir, au plus tard le 1^{er} septembre 2009, un groupe de pilotage « Incidences du changement climatique et adaptation » pour accroître la coopération en matière d'adaptation.
- Encourager le perfectionnement de stratégies d'adaptation nationales et régionales dans le but de les rendre obligatoires afin d'envisager l'adoption de stratégies obligatoires – à partir de 2012.

9) Dimension externe de la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC).

- Redoubler d'efforts pour que l'adaptation fasse partie intégrante de toutes les politiques extérieures de l'Union européenne.
- Renforcer le dialogue entre les pays partenaires sur les thèmes liés à l'adaptation.
- Faire progresser le cadre d'action en matière d'adaptation dans le cadre de la CCNUCC.

Le besoin d'augmentation de la résilience pour de nombreux secteurs est bien mis en avant : il s'agit des secteurs de la santé, de l'agriculture et de la forêt, de la biodiversité, des écosystèmes et des ressources en eau, des zones côtières et marines, des systèmes de production et de l'infrastructure physique et des actions sont proposées dans ce sens.

Pour soutenir la coopération en matière d'adaptation et guider les progrès du cadre d'action européen, la Commission a l'intention de créer un groupe de pilotage consacré aux incidences du changement climatique et à l'adaptation. Si la France se félicite du renforcement de la coopération en la matière, elle a émis l'idée de se limiter, dans un premier temps, à un groupe consultatif qui pourrait être élargi aux collectivités territoriales, premiers acteurs dans le domaine de l'adaptation.

Vision comparée des stratégies nationales d'adaptation en Europe

Jusqu'en 2006 seuls trois pays européens (Finlande, France et Espagne) avaient formellement adopté une stratégie nationale d'adaptation (SNA), pas moins de cinq nouvelles stratégies ont été adoptées entre 2007 et 2008 (Allemagne, Danemark, Hongrie, Pays-Bas et Royaume-Uni) et cette dynamique se poursuit.

La plupart des pays européens qui n'ont pas encore leur stratégie prévoient son élaboration prochaine et de nombreux États ont d'ores et déjà programmé la phase suivante, ie des plans nationaux d'adaptation (PNA), pour la période 2010-2011.

Comme souligné dans la partie précédente, le « Livre blanc » sur l'adaptation encourage cette dynamique en appelant à la mise en place d'une stratégie communautaire d'adaptation pour 2013.

Le partenariat pour la recherche environnementale européenne (PEER⁵) a récemment publié une étude comparée des stratégies d'adaptation dans dix États européens : Allemagne, Danemark, Espagne, Finlande, France, Lettonie, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni et Suède. L'étude vise à identifier les lignes de force des stratégies actuelles, les points à renforcer et les expériences réussies qui pourraient inspirer des États tiers (Swart *et al.*, 2009⁶). Une revue synthétique de cette analyse est proposée ci-après.

5. Le PEER est un partenariat de sept centres européens de recherche sur l'environnement. Le Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (CEMAGREF) en fait partie. Pour plus de détail sur le PEER : www.peer.eu

6. La synthèse réalisée ici par l'ONERC a reçu l'aval des auteurs du réseau PEER.

• *Éclairage thématique n° 1 : interaction science/politique en appui aux stratégies nationales d'adaptation*

La coopération entre science et politique dans le secteur de l'adaptation s'est beaucoup accélérée depuis dix ans. Elle n'a toutefois pas encore l'envergure de celle en lien avec l'atténuation.

La spécificité de la recherche sur l'adaptation est d'avoir à concilier une recherche fondamentale sur les processus avec une recherche plus appliquée fondée sur des expériences d'adaptation concrètes déjà expérimentées ou à expérimenter au niveau local.

De nombreux pays européens ont lancé des programmes ambitieux pour la recherche appliquée à l'adaptation (cette liste n'est pas exhaustive) :

- l'Allemagne a dégagé un fonds de 75 millions d'euros pour l'étude des impacts et de l'adaptation au niveau régional ;
- les Pays-Bas consacrent 100 millions d'euros sur 2004-2011 pour la recherche sur l'aménagement du territoire face aux changements climatiques. 50 millions sont également programmés pour l'adaptation de « points sensibles stratégiques nationaux » en cofinancement avec le secteur privé (aéroport, ports, etc.) ;
- le Royaume-Uni a récemment annoncé une enveloppe globale de 1 milliard d'euros pour la recherche sur la lutte contre le changement climatique, incluant le volet adaptation comme celui atténuation⁷.

• *Éclairage thématique n° 2 : communication et sensibilisation dans les stratégies nationales d'adaptation*

Les campagnes de communication actuelles autour du changement climatique se sont surtout focalisées sur la thématique de l'atténuation et des économies d'énergie. Peu de campagnes d'information ou de sensibilisation sont menées en Europe sur la question de l'adaptation. Seuls quatre pays, parmi les pays évalués par le *Partnership for European Environmental Research* (PEER), ont développé ou planifié une stratégie de communication structurée autour de l'adaptation au changement climatique (Allemagne, Finlande, Pays-Bas et Royaume-Uni).

Si la plupart des pays ont leurs sites web relatifs à la question de l'adaptation au changement climatique et à la stratégie d'adaptation, le portail britannique développé par le programme *United Kingdom Climate Impact Programme* (UKCIP)⁸ est considéré comme une référence. Au-delà des aspects purement informatifs, il propose en libre accès une série d'outils en ligne pour les multiples acteurs de

7. Pour mémoire, la France a consacré au cours des dernières années des enveloppes comparables de l'ordre de 10 millions d'euros/an à la recherche sur les effets du changement climatique. Néanmoins, ces fonds étaient majoritairement orientés vers l'évaluation des vulnérabilités et des impacts, et pas spécifiquement vers l'adaptation effective ou des applications régionales directes.

8. *United Kingdom Climate Impact Programme* (www.ukcip.org.uk). Contrairement à son intitulé ce programme va bien au delà de la question des impacts du changement climatique. Il se positionne en tant que centre de ressources techniques et passerelle entre acteurs pour faciliter le développement des actions d'adaptation du niveau local à national.

l'adaptation (public, élus locaux, entreprises, administrations) afin de leur permettre de planifier leur propre stratégie d'adaptation. Plusieurs pays qui souhaitent mettre en ligne des outils d'aide à l'adaptation s'inspirent ouvertement du modèle UKCIP (Finlande, Allemagne).

Dans la plupart des États, l'information sur les impacts et l'adaptation au changement climatique est centralisée. La France et le Portugal ont en revanche une information répartie sur différents sites, notamment par thématique sectorielle. Le rapport PEER n'a cependant pas identifié d'outils de mesure de performance de cette communication vers le public.

● *Éclairage thématique n° 3 : gouvernance des stratégies nationales d'adaptation*

On peut observer trois modes de gouvernance adoptés par les SNA :

- en Finlande, la stratégie a été développée au niveau national, la mise en œuvre des actions d'adaptation sera déléguée au niveau régional ;
- au Royaume-Uni, le niveau local est en première ligne pour définir une stratégie adaptée à son territoire. Le niveau national s'assure de mettre à disposition des outils adaptés, un environnement institutionnel propice, vérifie la mise en œuvre de l'adaptation au niveau local et assure la coordination/arbitrage en cas de différends régionaux ;
- l'Allemagne et la France ont eu une approche de concertation élargie avec des parties prenantes des niveaux infranationaux qui a abouti à la définition d'une stratégie globale.

Néanmoins, la répartition exacte des rôles entre l'échelon national et l'échelon local n'est pas clairement définie dans les stratégies existantes et elle est largement perfectible. À l'heure actuelle seul le Royaume-Uni et le Danemark ont clairement réparti tâches et responsabilités. On peut citer ici le cas britannique, où les cadres locaux de mesure de performance de la gouvernance, supervisés par le Gouvernement, intègrent depuis 2008 un indicateur relatif à la mise en œuvre d'actions d'adaptation au changement climatique.

Sur le volet du financement de la stratégie, aucun des dix États passés en revue n'a concrètement dessiné le mode de financement de sa stratégie et de la mise en œuvre des mesures d'adaptation. La ventilation des coûts de l'adaptation et le contrôle des fonds alloués entre les différents échelons de gouvernance restent donc encore en suspens.

● *Éclairage thématique n° 4 : intégration du changement climatique dans les politiques sectorielles*

L'intégration dans les politiques sectorielles présente foncièrement deux avantages :

- elle permet de s'assurer que chaque secteur prend en compte cette dimension, ce qui concourt à des politiques de développement durable ;

– elle permet d’identifier les synergies et les points de friction à lever, dans une logique générale d’efficacité.

La revue du PEER estime pourtant qu’aucune des stratégies actuelles ne permet une réelle intégration transversale de l’adaptation dans ces politiques. Le rapport recommande que cette question soit clairement considérée dans les plans d’adaptation à venir et que soient associées des matrices de suivi-évaluation de cette intégration.

• *Éclairage thématique n° 5 : mise en œuvre et revue des stratégies nationales d’adaptation*

Très peu de SNA ont un système de revue et d’évaluation effectif. La plupart de ces stratégies n’ont pas de cadre de suivi établi, ni d’indicateurs précis à suivre et rarement des agendas établis pour les revues périodiques. Ce constat serait notamment lié au fait que la recherche et la connaissance n’ont pas encore suffisamment éclairé ce champ du suivi-évaluation de l’adaptation. C’est un enjeu capital pour la mise en œuvre future des plans d’adaptation, pour permettre une revue périodique de leurs réalisations et une actualisation pertinente de leurs objectifs.

Les points communs

Le rapport souligne un certain nombre de points de convergence entre les différentes SNA.

Elles ont des objectifs et une structure proches : ce sont des documents analysant la vulnérabilité, formulant des recommandations sur les orientations à privilégier et annonçant une phase ultérieure de planification et de mise en œuvre. Les stratégies font toutes état de besoins de diagnostics spatialisés des vulnérabilités et d’amélioration de la connaissance scientifique afin de permettre le démarrage de la phase de planification. Les recherches et analyses dans le domaine de l’adaptation sont encore peu nombreuses par comparaison à celles sur l’atténuation et, dans la plupart des pays, la dynamique des SNA a été plus rapide que celle de la production de connaissances.

Une deuxième convergence concerne la faible prise en compte du volet international. Les SNA sont très centrées sur les actions sur leur territoire avec peu de mention de dynamiques et d’engagements hors de leurs frontières. Ainsi seule l’Allemagne a fait de la question internationale un axe structurant de sa stratégie, avec des orientations concrètes notamment dans sa politique d’aide au développement.

Enfin, un dernier point de convergence majeure est la prise en charge au niveau national et interministériel de la construction de la SNA. Les administrations des pays européens passés en revue pilotent ou ont piloté le processus d’élaboration des SNA de façon internalisée, à l’exception du Portugal qui a mandaté un opérateur privé à cette fin.

Quelques spécificités d'approches nationales

Trois types d'approches peuvent être différenciés :

- des stratégies descendantes répartissant l'ensemble des tâches et des responsabilités (Finlande par exemple) ;
- des stratégies collaboratives faisant appel à la concertation et à la subsidiarité dans la définition des actions et des tâches (France et Espagne en particulier) ;
- des stratégies coordonnant des approches sectorielles initialement disjointes (Royaume-Uni).

Les priorités des stratégies sont bien entendu variables selon les différents États compte tenu des conditions propres aux pays mais s'appuient souvent sur des expériences d'aléas majeurs déjà connus et qui pourraient être rendus plus fréquents dans l'avenir. En dépit de cette diversité liée aux particularismes nationaux et régionaux, il semble se dessiner des sensibilités géographiques distinctes entre le Nord et le Sud de l'Europe :

- les pays septentrionaux ont souvent des axes structurants autour de la problématique des inondations et des glissements de terrain (Pays-Bas, Suède), alors que dans les pays plus australs, les questions de canicules et de disponibilités en eau sont centrales (Espagne et France) ;
- sans en faire une règle absolue, le rapport souligne que si l'analyse des impacts est en général quasi systématiquement négative dans les pays australs, les stratégies des pays septentrionaux peuvent identifier plusieurs opportunités liées au changement climatique.

Cette dichotomie potentielle Nord/Sud de l'Europe renvoie de façon implicite aux tendances différentielles modélisées pour le climat futur. Si l'on prend par exemple le cas de l'agriculture, la baisse de la rigueur climatique au Nord de l'Europe est considérée comme porteuse de potentialité nouvelles pour les cultures. Dans le Sud de l'Europe, la hausse des déficits hydriques projetée entraîne *a contrario* une prospective pessimiste.

Le rapport fait enfin remarquer que l'ensemble des SNA n'ont pas de système de suivi-évaluation et de revue périodique bien identifié. Ainsi, à l'exception de l'Allemagne, des Pays-Bas et du Royaume-Uni, aucun mécanisme formel n'aurait été mis en place pour l'évaluation de la mise en œuvre et les recadrages itératifs nécessaires aux stratégies adoptées. Cet aspect pourra cependant être compensé lors de l'élaboration des plans d'adaptation.

Les recommandations majeures du rapport *Partnership for European Environmental Research (PEER)*

Au-delà de l'analyse comparative, le rapport conclut par une série de recommandations aux décideurs. Nous proposons ici une synthèse de quelques-unes des recommandations phares selon les champs « connaissance », « mise en œuvre » et « coordination » :

• *Recommandations relatives à la connaissance*

- Développer une information plus adaptée au niveau local.
- Développer les études sur les coûts de l'inaction et de l'adaptation, la cartographie de la vulnérabilité climatique et les méthodologies d'évaluation homogènes afin d'avoir une comparabilité des coûts au niveau transnational et européen.
- Établir des bases de données de connaissances pratiques sur l'adaptation (souvent d'origine locale) et disséminer les expériences au-delà des frontières nationales.

• *Recommandations relatives à la mise en œuvre*

- Développer et coordonner les échanges d'expérience et des outils orientés sur la pratique.
- Envisager les mécanismes législatifs qui puissent pousser à la prise en compte de l'adaptation (indicateurs de performances des institutions, etc.).
- Encourager le développement de « Points d'intérêts stratégiques régionaux » qui peuvent servir de laboratoire pour la mise en œuvre concrète d'actions d'adaptation.
- Comparer les stratégies sectorielles d'adaptation de façon régulière afin de faire émerger les bonnes pratiques et de compléter les inventaires techniques pour l'adaptation.

• *Recommandations relatives à la coordination*

- Considérer la question internationale comme partie intégrante des stratégies et plans d'action nationaux.
- Affiner la gouvernance de l'adaptation : répartition des responsabilités et visibilité sur les ressources financières.
- Nommer des points focaux « adaptation » dans les structures de gouvernance pour faciliter le processus d'intégration du changement climatique dans les politiques sectorielles.
- Renforcer les instances de dialogue entre la politique et la recherche afin de développer des entités qui puissent répondre scientifiquement aux questions politiques.

Tableau 33. Matrice récapitulative des dix stratégies nationales passées en revue par PEER (adaptée de PEER)

	Engagement politique	Interfascience et politique	Stratégie de communication	Gouvernance	Intégration politique sectorielle	Suivi, évaluation et revue
Allemagne						
Danemark						
Espagne						
Finlande						
France						
Pays-Bas						
Royaume-Uni						
États sans stratégie formalisée à ce jour						
Portugal						
Lettonie						

Légende :

	Fort engagement politique et large implication des parties prenantes	Programmes de recherches pour l'adaptation et interface science/politique bien organisé	Stratégie de communication formalisée et portails d'informations référents sur l'adaptation	Gouvernance multinationaux formalisée et coordination des mesures d'adaptation en place	Mesures d'adaptation intégrées dans la plupart des politiques sectorielles	Mécanismes de suivi et de revue de la stratégie formalisés
	Engagement politique significatif et engagement de plusieurs parties prenantes	Quelques recherches sur l'adaptation et interface science/politique partiellement organisé	Stratégie de communication informelle et existence de portails d'information sur le changement climatique	Gouvernance multinationaux formalisée et coordination des mesures d'adaptation planifiée	Mesures d'adaptation partiellement intégrées dans les politiques sectorielles	Mécanismes de suivi et de revue de la stratégie informels
	Engagement politique et des parties prenantes limité	Pas d'interface science/politique	Pas de communication ni de portails d'information	Gouvernance multinationaux et coordination des mesures d'adaptation informelles	L'intégration de mesures d'adaptation dans les politiques sectorielles est une exception	Pas de mécanisme de suivi et de revue de la stratégie

Quelques exemples de stratégies au niveau international

En complément à la vision comparée réalisée par les travaux du PEER, il est intéressant d'examiner les particularités, les choix opérés et les mesures d'adaptation envisagées dans diverses stratégies au plan international.



Allemagne

KomPass

KomPass est le centre spécialisé sur la diffusion de connaissances sur le changement climatique (bulletins, conférences, ateliers) adaptées pour les non-experts. Il assure un appui-conseil thématique aux agences gouvernementales, coordonne des activités de recherche et anime un réseau d'expertise.

KomPass est actuellement engagé dans la spatialisation de la vulnérabilité, les outils d'aide à la décision pour les entreprises et les municipalités, la définition d'indicateurs d'adaptation et la définition de stratégies pour le secteur de l'eau.

Ses prochains travaux se concentreront sur 1) le développement des analyses coût-bénéfice pour l'adaptation ; 2) les évaluations globales du niveau d'adaptation ; 3) l'analyse de différentes mesures concrètes d'adaptation.

Une étude d'envergure a été menée en 2005 afin d'identifier les vulnérabilités dans chaque région du pays. Les principales conclusions tirées ont porté sur :

- la nécessité d'adapter les bâtiments à la hausse des températures ;
- la nécessité de se préparer à des inondations plus conséquentes en hiver et au printemps ;
- la tension sur la ressource en eau pour l'agriculture et le refroidissement des centrales énergétiques ;
- l'optimisme sur le volet agricole : même si certaines régions déjà sèches seront très négativement affectées par le changement climatique, l'adoption de nouvelles pratiques agricoles devrait permettre de tirer parti de ce changement ;
- Le secteur forestier devrait, au moins dans un premier temps, tirer des bénéfices du réchauffement climatique ;
- la biodiversité serait fortement impactée, notamment les formations alpines ;
- les *länders* littoraux pourraient être sévèrement affectés par la remontée du niveau de la mer.

En décembre 2008, l'Allemagne a adopté sa SNA. Le document expose des scénarios climatiques nationaux de référence, les impacts sectoriels identifiés, les

orientations à privilégier pour l'adaptation, les incertitudes scientifiques restantes ainsi que quelques exemples de mesures d'adaptation.

En plus de ces orientations générales, la stratégie contient des engagements concrets du Gouvernement fédéral :

- l'ensemble des actions de coopération internationale seront systématiquement soumises à une « vérification climat » afin de vérifier leur résilience et leur adéquation avec la lutte contre le changement climatique ;
- un groupe interministériel va être créé pour élaborer un PNA pour avril 2011. La structure du PNA est arrêtée à ce stade ;
- la stratégie prévoit le développement d'un système de suivi de l'évolution du climat ainsi que d'indicateurs de suivi spécifiques de l'adaptation dès 2009 ;
- le Gouvernement fédéral encourage le niveau local à la définition des mesures concrètes d'adaptation mais mettra en place une boîte à outils sur le modèle du UKCIP au bénéfice des entreprises, des organisations et des autorités locales ;
- un programme d'appui scientifique aux régions pour leur permettre de définir leurs actions d'adaptation (KLIMZUNG) sera financé à hauteur de 75 M d'euros ;
- un système de cartographie des risques climatiques sera mis en ligne ;
- des actions de communication sur l'adaptation vont être mises en œuvre avec des supports multimédias ;
- l'agence KomPass continuera son travail de mise à disposition de la connaissance pour l'action publique et privée. Un centre de ressources scientifiques est créé pour assurer une veille et une communication scientifique sur les développements des sciences du climat ;
- une revue du niveau d'exécution du PNA sera effectuée en 2013.

La gouvernance du PNA est encore assez peu précisée à ce stade. L'idée générale est que le niveau local bâtira ses stratégies, le niveau national se focalisant sur la coordination de ces stratégies, l'appui scientifique ou financier complémentaire, le conseil et le pilotage des actions d'envergure nationale. Des cycles de consultations régulières entre le ministère de l'Environnement et les *länders* autour de la question de l'adaptation existent déjà et seront approfondis.

Plan d'adaptation de l'Allemagne

En 2011, le groupe de travail en charge de la définition du plan remettra son rapport organisé de la façon suivante :

- principes et critères de définition et d'évaluation des actions d'adaptation ;
- liste des mesures prioritaires d'un point de vue national ;
- aperçu de mesures mises en œuvre par d'autres acteurs ;
- informations sur les modes de financement ;
- suivi et évaluation des actions d'adaptation entreprises ;
- suites à donner au PNA et prochaines étapes.



Pays-Bas

Les Pays-Bas sont sans doute un des pays les plus vulnérables au changement climatique en Europe : un tiers de leur territoire est au-dessous du niveau de la mer et un autre tiers très sensible aux crues.

Après avoir validé sa stratégie en 2007, les Pays-Bas ont entrepris un cycle de consultations régionales afin de définir des politiques territoriales adaptées : ces consultations doivent aboutir d'ici la fin de l'année 2009 à un agenda national de l'adaptation. La stratégie actuelle fait une large part à l'aménagement du territoire contre les risques de remontée du niveau de la mer et d'inondations, avec une orientation ingénierie.

En parallèle, une commission spécifique, « Commission Delta », dont la mission était de définir comment rendre le pays à l'épreuve du climat en 2050, 2100 et 2200, a été diligentée en 2008. Cette commission a proposé la création d'une loi de l'adaptation fixant les objectifs et tâches d'adaptation, d'un directeur de l'adaptation qui s'assure de la mise en œuvre et de la bonne gestion des fonds et enfin d'un fonds d'adaptation doté d'une enveloppe annuelle sécurisée de 1 à 1,3 milliards d'euros/an. Sur les aspects techniques, la commission a concrètement proposé :

- une redéfinition des dimensionnements pour les inondations ;
- une redéfinition des programmes de planification urbaine ;
- des mesures différenciées pour l'adaptation selon un découpage territorial précis (supplémentation en sédiments, barrières de protection, délimitation des plaines d'inondation pour les crues, déviation de cours d'eau, réservoirs d'eau douce, laisser-faire des processus naturels).

Des fonds pour la recherche sur la lutte contre le changement climatique ont été mobilisés sur une période de sept ans (100 millions d'euros), un fonds mixte public privé doté de 100 millions d'euros vise à rendre à l'épreuve du changement climatique huit points d'intérêt national stratégique (*hot spots*) tels que l'aéroport d'Amsterdam et le port de Rotterdam.

Au niveau régional, le processus de planification responsabilise les régions. L'ensemble des plans d'aménagement du territoire et de développement des régions devront être « à l'épreuve du climat ». Les Pays-Bas envisagent par ailleurs de modifier leurs standards d'évaluation d'impact environnemental pré-projets, leur loi sur l'eau et leur loi sur les normes nationales du bâtiment pour rendre *de facto* obligatoire la prise en compte de la perspective de changement climatique.



Espagne

La SNA espagnole a été validée en 2006 après une large consultation régionale. Les orientations de la stratégie d'adaptation sont données au niveau national, et les communautés autonomes ont ensuite la charge de définir précisément les mesures d'adaptation sur leur territoire.

L'agence espagnole pour le changement climatique (OECC) coordonne la mise en œuvre de la stratégie, dissémine les informations utiles pour la mise en œuvre de l'adaptation et conduit des programmes de recherche pluriannuels selon des axes de priorité.

Sur la période 2006-2009, l'OECC s'est focalisé sur la production de scénarios climatique régionalisés et d'évaluation des impacts sur la ressource en eau, la biodiversité et le trait de côte. Pour la période 2009-2012, les axes de travail seront : 1) analyse des impacts et des scénarii d'adaptation dans une dizaine de secteurs clés; 2) intégration de l'adaptation dans les politiques sectorielles; 3) mobilisation et sensibilisation des parties prenantes et 4) mise en place d'une base d'indicateurs d'impacts et d'adaptation au changement climatique.

La mise en œuvre des plans d'adaptation est très largement décentralisée au niveau des communautés autonomes.



Royaume-Uni

La SNA du Royaume-Uni a été adoptée en juillet 2008. Elle vise à coordonner des activités entamées de longue date. En effet, le programme UKCIP, établi en 1997 et initialement focalisé sur les impacts, coordonne la recherche sur les effets du changement climatique, développe les analyses économiques de l'impact, organise des ateliers d'information et fournit un appui scientifique, technique et méthodologique pour la définition des stratégies d'adaptation.

La SNA compte quatre axes majeurs : 1) améliorer les connaissances sur les impacts du changement climatique au Royaume-Uni; 2) sensibiliser les acteurs au besoin de prendre des mesures d'adaptation; 3) développer un système de suivi et d'indicateurs spécifiques pour l'adaptation et 4) travailler à l'intégration du changement climatique dans les politiques publiques.

La loi sur le changement climatique (*Climate Change Bill*) adoptée en 2008 oblige le Gouvernement à développer un programme national d'adaptation pour remédier aux impacts du changement climatique sur la base d'une évaluation nationale des risques climatiques. Le Plan national d'adaptation devra être mis en place en 2012 et sera audité sur une base quinquennale.

Cette loi donne par ailleurs le droit au Gouvernement d'exiger des gouvernements locaux, des entités publiques et des pourvoyeurs de services publics ou d'intérêt général majeur qu'ils fassent un bilan de leur vulnérabilité au changement climatique et qu'ils développent un plan d'action pour y faire face.

Très actif en termes de recherche et de production d'outils, le Royaume-Uni s'est très tôt orienté sur la sensibilisation au niveau local notamment *via* le développement d'études coûts-bénéfices. Le programme UKCIP s'est également investi dans la conception d'outils didactiques permettant à divers acteurs institutionnels et privés de définir leur propre stratégie d'adaptation. L'approche globale de l'adaptation est ascendante ce qui explique que la stratégie n'ait émergé qu'en 2008 : la SNA cherche à encadrer des actions en cours plutôt qu'à poser des jalons.

Au niveau régional des entités formelles dénommées « Partenariats régionaux pour le changement climatique » ont été mises en place. Ces entités qui associent des parties prenantes publiques et privées travaillent en collaboration avec le programme UKCIP pour évaluer les impacts et les mesures d'adaptation spécifiques à leur territoire, et faire partager au niveau régional et national des expériences et connaissances.

Au niveau local, la question de l'adaptation a déjà connu plusieurs développements concrets. Sur certaines zones littorales soumises à l'érosion, des choix stratégiques de retrait ont été opérés et des débats sont en cours dans d'autres territoires. Des groupements d'agglomération de la région de Londres ont mis en place un groupe de travail sur les impacts et l'adaptation. Londres a produit sa propre stratégie d'adaptation. Un indicateur lié à la prise en compte de l'adaptation a été introduit dans le cadre de performance des gouvernements locaux par le Gouvernement central.

En 2008, un fonds global de 1 milliard d'euros sur cinq ans a été annoncé en appui à la recherche sur la lutte contre le changement climatique.



États-Unis

Il n'y a pas de stratégie fédérale d'adaptation au changement climatique aux États-Unis à ce jour.

En juin 2009, un rapport détaillé sur le changement climatique et sur ses impacts sectoriels a été cependant publié par la Maison Blanche (Karl *et al.*, 2009). Ce document, présenté comme document de référence pour l'administration, appelle à la prise de conscience sur le besoin d'une action rapide et d'ampleur contre le changement climatique, combinant atténuation et adaptation.

Ce rapport pointe néanmoins à titre d'illustration quelques choix stratégiques d'adaptation déjà entrepris dans le pays. On retiendra ainsi certains exemples très concrets :

- ville de New York : étude de vulnérabilité des installations stratégiques de la ville face à la remontée du niveau de la mer, rénovation des systèmes d'assainissement prenant en compte la variable changement climatique ;
- Louisiane : rehaussement d'une chaussée littorale et élévation d'un pont afin de résister à des épisodes de submersion plus intenses ;
- Philadelphie : instauration d'un plan canicule et de subvention à l'isolation contre la chaleur pour les citoyens vulnérables ;
- îlots de la côte Est : interdiction de construire des murets de protection des propriétés contre la remontée du niveau de la mer. La priorité est donnée à la migration des écosystèmes.

Cette dynamique locale vient de trouver un nouvel écho dans la publication en août 2009 d'une stratégie d'adaptation au changement climatique pour l'État de Californie. Sur la base d'une estimation des coûts directs du changement climatique effectuée par l'université de Berkeley (voir encadré *infra*), le changement climatique pourrait coûter à la Californie plusieurs dizaines de milliards de dollars annuellement.

Recommandation de la stratégie d'adaptation de Californie

- 1) Création d'un groupe d'experts consultatifs sur le climat pour évaluer les risques majeurs du changement climatique et proposer des mesures d'adaptation d'ici décembre 2010.
- 2) Réduire de 20 % la consommation d'eau douce tous secteurs confondus.
- 3) Redéfinir les projets de construction qui pourraient être affectés par les inondations ou la remontée du niveau de la mer en contexte de changement climatique.
- 4) Les agences de l'État en charge de la santé publique, des infrastructures et de l'habitat devront mettre en place d'ici septembre 2010 des plans d'adaptation.
- 5) Tous les grands projets d'États doivent considérer l'impact du changement climatique.
- 6) Mettre en place un portail web pour promouvoir l'adaptation et l'atténuation. Il contiendra des cartes interactives des scénarios et des impacts modélisés pour la Californie.
- 7) L'impact sur la biodiversité californienne sera évalué et des propositions d'adaptation ou de modification de pratiques seront faites.
- 8) Des recommandations aux structures locales de santé publique seront produites d'ici septembre 2010 pour permettre la mise en place de plans d'adaptation et d'atténuation.

9) Les plans de développement communaux devront être révisés au vu de la contrainte changement climatique.

10) Les services de lutte contre l'incendie doivent considérer la dynamique du changement climatique dans leurs programmes stratégiques.

11) Les agences de l'État encourageront les économies d'énergie et l'augmentation de la par des énergies renouvelables.

12) La recherche actuelle sur le changement climatique doit être mise à contribution et accentuée pour la planification et des utilisations publiques.



Australie

L'Australie a adopté en 2007 un cadre d'action pour l'adaptation au changement climatique qui fixe deux objectifs sur sept ans :

- construire une capacité nationale d'adaptation (recherche spécialisée sur les impacts et l'adaptation pour le conseil aux décideurs, communication sur les impacts régionaux, mise à disposition d'informations et d'outils);
- réduction des impacts sectoriels et régionaux (évaluation des impacts, développement de plans d'action sectoriels à l'horizon 2010 et approfondissement des connaissances sur la période 2007-2014).

Le programme national qui facilite la mise en œuvre de ce cadre pluriannuel pour l'adaptation met régulièrement en ligne des outils et des projections climatiques régionales. Ce site joue le rôle de site de référence sur la lutte contre le changement climatique au niveau national.

La mise en œuvre des actions d'adaptation est envisagée selon le principe de subsidiarité. L'État fournit des supports et des connaissances pour aider les gouvernements locaux à définir et planifier leurs actions d'adaptation.

En 2009, un guide pour l'adaptation a été publié à destination des gouvernements locaux. Selon une approche de check-lists sectorielles, il recommande des actions à mettre en œuvre au vu des changements climatiques attendus. Des illustrations d'expériences existantes sont données à titre d'exemple pour certaines des mesures. Néanmoins, il n'y a pas de recommandation d'action concrète : le soin est laissé à l'échelon local de définir son propre moyen d'adaptation. À titre d'illustrations, le guide présente quelques études de cas recensées :

- la ville de Melville a développé une liste d'exigences requises afin que ses investissements publics ou les extensions résidentielles permettent des économies d'énergie et d'eau;
- la ville de Clarence a évalué les immobilisations qui seraient exposées aux effets de la remontée du niveau de la mer. Pour chaque capital à risque, elle a proposé diverses options d'adaptation à ses administrés. La ville investit aujourd'hui dans

de l'ajout de sédiments sur les plages, le rehaussement des routes côtières, la reforestation du littoral, le développement de nouvelles stations de traitement des eaux ;

– la stratégie côtière de l'État de Victoria prévoit que les nouvelles constructions dans les zones qui pourraient être affectées par la remontée du niveau de la mer ne bénéficieront d'aucune mesure de protection.

L'ensemble des communications sur les bonnes pratiques et l'adaptation au changement climatique est labellisé sous un même label *ThinkChange*, stratégie de communication intégrée du Gouvernement.

ANNEXE III. LES ACTIVITÉS DE L'OBSERVATOIRE EN 2007, 2008 ET 2009

Organisation administrative

L'ONERC a rejoint, en octobre 2007, les locaux du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, dont il dépendait depuis 2004.

Par le décret en date du 9 juillet 2008 portant réorganisation de l'administration centrale du ministère, l'ONERC a été rattaché à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) dont le directeur, Pierre Franck Chevet, assure également la direction de l'Observatoire. Au sein du Département de lutte contre l'effet de serre, l'Observatoire constitue le pôle adaptation au changement climatique. L'ensemble des services du ministère sont désormais regroupés à La Défense.

Deux agents ont été affectés à l'ONERC au titre de ses activités sur l'adaptation, portant ainsi son effectif à cinq personnes. Marc Gillet, secrétaire général, a été remplacé par Nicolas Bériot en septembre 2009.

Base de données des indicateurs et animation du réseau d'experts

À travers le réseau constitué avec les organismes scientifiques et opérationnels concernés, un certain nombre d'indicateurs a été développé pour être présenté sur le site internet de l'ONERC (www.onerc.gouv.fr). Ces indicateurs sont au nombre de vingt-trois dont douze ont été mis en ligne depuis le dernier rapport de l'ONERC en 2007. Ils sont à la disposition du public, sous forme graphique et numérique, et peuvent être utilisés par tous.

Afin de compléter les indicateurs relatifs aux organismes vivants, une étude a été confiée à la Ligue de protection des oiseaux, qui a abouti au début de 2008.

L'ONERC s'efforce de présenter des indicateurs relatifs à tous les domaines susceptibles d'être influencés par le changement climatique, et s'appuie pour cela sur un réseau d'experts dans leur domaine spécifique de compétence.

Un séminaire a été organisé le 5 février 2008 dans les locaux du Centre national d'études spatiales (CNES) à Paris, auquel ont participé quarante-huit personnes, principalement du milieu de la recherche. Le séminaire avait essentiellement pour objectif de développer les échanges entre les correspondants de l'ONERC qui travaillent sur les indicateurs, et d'explorer de nouveaux domaines où des indicateurs pourraient être envisagés, par exemple sur la forêt, l'hydrologie, les aspects socio-économiques.

Les participants ont jugé important de distinguer les indicateurs par type, et de les accompagner d'un texte expliquant leurs motivations et les situant au niveau européen et mondial. Le rôle pédagogique de ces derniers a par ailleurs été souligné à plusieurs reprises. La diversification des indicateurs vers les aspects sociaux-économiques ou des domaines physiques trop peu explorés, devra être encouragée.

Suite à la cessation d'activité du GIP Médias-France c'est Atema Conseil associé à Météo-France et Thalix qui assure le suivi technique des activités de l'ONERC dont l'animation du réseau d'expert.

Liste des indicateurs :

- 1) températures moyennes de l'air en métropole ;
- 2) nombre de journées estivales en métropole ;
- 3) nombre de jours de gel en métropole ;
- 4) les hivers au col de Porte (massif de la Chartreuse – Isère) ;
- 5) bilan de masse des glaciers tempérés des Alpes françaises ;
- 6) bilan de masse du glacier d'Ossoue (massif du Vignemale – Pyrénées françaises) ;
- 7) températures de surface de la mer dans les DOM-COM ;
- 8) niveau de la mer marégraphique ;
- 9) température de l'air dans les départements français d'Amérique ;
- 10) couleur de l'océan – concentration en chlorophylle a ;
- 11) température de la surface de la mer par télédétection haute résolution ;
- 12) dates de vendanges à Saint-Émilion ;
- 13) dates de vendanges en côtes-du-Rhône méridionales ;
- 14) dates de floraison et de vendanges en Champagne ;
- 15) stades de développement de la vigne en Alsace ;
- 16) dates de floraison d'arbres fruitiers ;
- 17) front d'expansion de la chenille processionnaire du pin ;
- 18) exposition des populations aux risques naturels ;
- 19) salinité de surface de la mer dans les DOM-COM ;
- 20) pluies diluviennes dans le sud-est méditerranéen ;
- 21) évolution des pratiques culturelles (blé et maïs) ;
- 22) rigueur climatique ;
- 23) évolution des populations de certaines espèces d'oiseaux.

Exposition itinérante

L'exposition itinérante de l'ONERC, a été présentée une trentaine de fois en 2007, 2008 et début 2009. Elle est constituée de panneaux qui traitent des thèmes suivants :

- observations ;
- surveillance et simulation ;
- des conséquences dans tous les domaines ;
- les ressources en eau ;
- la santé ;
- la biodiversité ;
- l'agriculture ;

- la mer ;
- la forêt ;
- la montagne ;
- la ville.

La mise à jour de cette exposition a été effectuée avec l'ajout de deux nouveaux panneaux, portant ainsi le total des panneaux à treize :

Peut-on simuler le climat du futur ? : qui explique les possibilités et les limites de la modélisation numérique du climat

Les risques de déstabilisation du climat : qui présente les principaux mécanismes encore mal connus mais qui seraient susceptibles d'aggraver rapidement et de manière importante le changement climatique : fonte du pergélisol, dégagement de clathrates, blocage du Gulf Stream, déforestation de l'Amazonie.

La lettre de l'ONERC

À la demande de son conseil d'orientation, l'ONERC a lancé l'édition et l'envoi à un grand nombre d'élus locaux une lettre trimestrielle (trois fois par an, en 7 000 exemplaires), afin de les informer sur la réalité du réchauffement climatique, d'introduire un discours positif sur l'adaptation, et de faire connaître les travaux de l'ONERC. Un comité éditorial a fixé les orientations de la lettre qui contiendra des témoignages d'actions locales, un dossier thématique et l'avis d'une personnalité. Le premier numéro a été diffusé en juin 2009. Le deuxième numéro, en septembre 2009 a traité du thème de la mer, suite à la concertation du Grenelle de la Mer. La lettre est disponible sur le site de l'ONERC (www.onerc.gouv.fr).

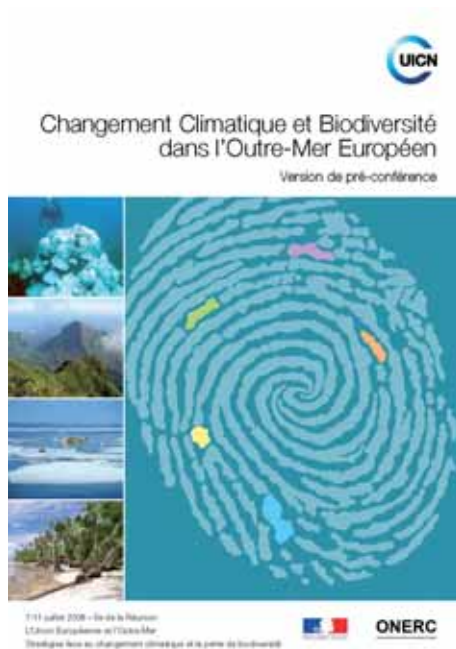


Conférence « Les îles et l'Union européenne : stratégies face au changement climatique et à la perte de biodiversité »

Partant du constat que l'outre-mer européen est directement concerné dans toute sa diversité (que ce soit dans les îles, les zones tropicales, les régions polaires), par la menace climatique et les risques de disparition ou d'érosion de

la biodiversité, l'ONERC et le conseil régional de La Réunion sont convenus d'un commun accord de souscrire à l'initiative de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) d'organiser, à La Réunion du 7 au 11 juillet 2008, une conférence internationale, associant l'ensemble des régions ultrapériphériques (RUP) et des pays et territoires d'outre-mer (PTOM) européens ainsi que des petits États insulaires en développement (PEID), des Caraïbes, du Pacifique et de la zone océan Indien, sur la double problématique de la biodiversité et du changement climatique.

Cette conférence s'inscrit dans le cadre de l'accord de coopération entre la France et l'UICN. Elle a été inscrite à l'agenda officiel de la Présidence française de l'Union européenne, à la demande du ministère de l'Intérieur, de l'Outre-Mer et des Collectivités territoriales (MIOMCT).



Cet événement s'inscrit également dans les actions visées dans le protocole d'accord du 22 février 2007, signé à Saint-Denis de La Réunion, entre l'ONERC et le conseil régional, dans le cadre des orientations prises par la collectivité, en matière de changement climatique et de biodiversité. Il figure enfin dans les contributions de la région au Grenelle Environnement.

Visant à renforcer la mobilisation des décideurs et des acteurs aux niveaux local, national, européen et mondial, cette conférence devrait aboutir d'une part, sur une initiative thématique pérenne, notamment dans le cadre du programme 2009-2012 de l'UICN, et d'autre part et surtout, sur la mise en œuvre d'une véritable ambition politique européenne sur les enjeux écologiques de l'outre-mer européen, en particulier le changement climatique et la perte de biodiversité.

Ce rapport est disponible à l'adresse : www.reunion2008.eu/pages/fr/fr-publication.html

Actions vers les collectivités et les agents économiques

L'observatoire a contribué à divers séminaires, réunions et sessions d'information ou de formation organisés par les collectivités territoriales. Il s'est particulièrement investi dans plusieurs actions présentées ci après.

Le projet ClimChalp

L'ONERC a participé au projet ClimChAlp de la Direction générale région de la Commission européenne, en coopération avec vingt-deux institutions publiques de sept pays alpins et notamment le Pôle grenoblois des risques naturels (PGRN) et la région Rhône Alpes. L'objectif du projet était d'évaluer les conséquences du changement climatique sur les Alpes.

Les milieux de montagne sont des espaces particulièrement sensibles à des variations climatiques. Modification de la biodiversité, dégel du permafrost, évolution des risques naturels sont autant d'impacts possibles du changement climatique. L'évaluation du réchauffement climatique et de ses impacts en zone de montagne constitue un enjeu autant par ses incertitudes que par la sensibilité caractéristique de ces milieux. Cette question s'impose donc aux gestionnaires – décideurs et techniciens – tant pour la conduite de leurs actions à court terme que dans le choix d'orientations stratégiques d'aménagement et de gestion des territoires. La plaquette *Changement climatique et risques naturels : quelles tendances dans les Alpes ?* a largement été distribuée dans la région et au-delà en 2008.



L'ONERC a publié un rapport technique exposant la synthèse réalisée par les partenaires français du projet ClimChalp qui propose une base de connaissance commune sur les changements climatiques et leurs impacts dans les Alpes.

Le club villes, territoires et changement climatique (ViTeCC)

Le club ViTeCC été lancé en 2008 à l'initiative de la mission « Climat » de la Caisse des dépôts et consignations (CDC), à la suite du colloque sur l'adaptation au changement climatique tenu en présence du D^r Pachauri, président du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui a obtenu le prix Nobel de la Paix en 2007 avec Al Gore. L'ONERC est un des cofondateurs du club, aux côtés de la CDC et de Météo-France, et y représente le MEEDDM. Le club ViTeCC réunit aujourd'hui plus de vingt collectivités locales et régionales, et entreprises de services. Cette initiative s'inscrit dans un programme international de recherche sur le développement d'instruments économiques permettant aux acteurs locaux de trouver des réponses innovantes adaptées aux enjeux du changement climatique.

Les apports attendus du Club ViTeCC sont :

- une mutualisation d'une information de première main sur l'économie du changement climatique, en lien avec des experts reconnus, en la rendant compréhensible et utilisable par les décideurs territoriaux ;
- le développement d'outils d'aide à la décision en matière de financement des réductions d'émissions et de gestion d'infrastructures urbaines adaptées aux risques climatiques de demain ;
- un accès à un réseau qui permet aux membres d'échanger entre eux, d'être informés de ce qui se passe dans le domaine de l'économie du carbone dans le monde et d'échanger sur des expériences pilotes innovantes réalisées en France et à l'étranger.

Cinq réunions se sont tenues en 2008 et début 2009 :

- le 27 juin 2008 à Paris : « Les réseaux énergétiques face aux risques naturels » ;
- le 13 octobre 2008 à Marseille : « Changement climatique et risques d'inondation » ;
- le 17 décembre 2008 à Paris : « L'action territoriale et les négociations climatiques internationales » ;
- le 24 mars à Nantes : « Performance énergie-CO₂ et adaptabilité des bâtiments » ;
- le 23 juin 2009 à Paris : « L'intégration des collectivités territoriales dans les processus internationaux sur le changement climatique ».

Les informations sur le club, les comptes rendus des réunions sont accessibles sur internet à l'adresse (www.aprec.fr/vitecc.php)

Participation aux travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

L'ONERC est associé aux travaux du GIEC, en tant que point focal du gouvernement français. Les années 2008 et 2009 sont consacrées aux préliminaires à la préparation du cinquième rapport d'évaluation, à commencer par l'élection du nouveau Bureau. Une réunion plénière s'est tenue à Budapest au mois de mars, qui a décidé notamment que le cinquième rapport d'évaluation serait remis en 2013 pour ce qui concerne le groupe I et en 2014 pour les groupes II et III. Tous ces travaux seront basés sur les nouveaux scénarii de concentrations des gaz à effet de serre dont les principes ont été publiés en 2008 sur le site (www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios-fr.pdf). L'élection du nouveau bureau, qui coordonnera la préparation de ce nouveau rapport, s'est tenue en septembre 2008. La France y est représentée par Jean Jouzel.

Le GIEC a par ailleurs décidé en 2008 de préparer un rapport spécial sur les énergies renouvelables, qui sera publié en 2010. Il a également été décidé lors de cette réunion d'étudier la possibilité de produire un rapport sur les catastrophes et les événements extrêmes en lien avec le changement climatique.

Les rapports du GIEC sont disponibles sur le site de l'ONERC (www.onerc.gouv.fr) ou le site du GIEC (www.ipcc.ch/).

Participation aux travaux de la Convention-cadre de Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) et de la présidence française de l'Union européenne

L'ONERC contribue aux négociations dans le cadre de la CCNUCC, sur le sujet de la recherche et de l'observation, d'une part, et de l'adaptation, d'autre part. Il a participé à plusieurs réunions européennes, aux réunions des organes subsidiaires et aux CdP à la Convention. Sous les présidences slovène puis française de l'Union européenne, un travail d'information des délégations à la CCNUCC a été réalisé pour mieux faire connaître aux délégations les résultats du quatrième rapport d'évaluation du GIEC et nourrir le dialogue entre les parties à la négociation sur les questions relatives aux résultats de la recherche sur le climat et sur l'observation systématique des paramètres du climat.

L'ONERC a également suivi la mise en œuvre du « Programme de travail de Nairobi sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation », qui vise à définir une vision partagée des aspects scientifiques et techniques sur ce sujet. Les objectifs de ce programme de cinq ans (2005-2010) sont d'aider tous les pays à évaluer les impacts du changement climatique et à prendre des décisions adéquates sur des actions et des mesures pratiques d'adaptation. Il s'agit d'un cadre international mis en application par les Parties, les organisations non gouvernementales, intergouvernementales, le secteur privé et les collectivités. On peut trouver sur le site internet de la CCNUCC (www.unfccc.int) des informations complémentaires sur ce programme et ses résultats, et notamment le « Compendium sur les méthodes et outils ».

Autres travaux

Groupe interministériel

L'ONERC a fortement contribué à l'organisation et à la réussite des travaux du groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France » créé à la suite des recommandations de la stratégie nationale d'adaptation. De mars 2007 à août 2009, ce groupe a mobilisé plus de 200 personnes et suscité près de 80 réunions. Les rapports des travaux de ce groupe sont publiés sur le site de l'ONERC.

Impact du changement climatique dans les îles subantarctiques

Par leur situation au milieu de l'océan (qui présente une inertie thermique plus importante que les continents) et par leur insularité (qui a notamment façonné la faune et la flore pour aboutir aujourd'hui à une biodiversité singulière), les îles subantarctiques sont un milieu à part. Elles ne présentent pas un climat « extrême » mais plutôt des conditions climatiques « limites ». Ces conditions sont

optimales pour des organismes, souvent endémiques, et qui présentent un fort degré de spécialisation et d'adaptation. Le réchauffement récent de ces îles risque de fragiliser la faune et la flore locale et ouvre la voie à la colonisation d'espèces potentiellement envahissantes ou pour le moins, compétitrices des espèces subantarctiques.

Le présent rapport s'intéresse aux changements climatiques observés et projetés et aux impacts passés et futurs en résultant dans ces territoires. L'ONERC a été rejoint dans cette démarche par l'*International Polar Foundation* (IPF) avec le support scientifique de l'Institut polaire Paul-Émile-Victor, les terres australes et antarctiques françaises et l'Union internationale pour la conservation de la nature, afin de mettre en perspective la situation dans les îles subantarctiques françaises avec les évolutions dans d'autres îles subantarctiques (britanniques, australiennes, sud-africaines et néo-zélandaises) qui se trouvent toutes au nord du 60^e Sud, marquant la délimitation du traité sur l'Antarctique.



Base bibliographique

L'ONERC a assuré le support de la base bibliographique mise en place pour les travaux du groupe de travail interministériel *Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France*. Cette base, à vocation participative afin que tous les participants aux travaux puissent la compléter, possède plus de deux cents références dont beaucoup sont accompagnées d'un commentaire. Cette base est complémentaire avec celle déjà présente sur le site public de l'ONERC et ces deux bases seront fusionnées à la fin de l'année 2009. L'accès à cette bibliographie se fait par le site (www.onerc.gouv.fr), rubrique bibliographie.

Notes techniques

Depuis sa création, l'ONERC a réalisé six notes ou rapports techniques. Les notes techniques sont des documents synthétiques alors que les rapports correspondent à un travail plus conséquent sur le sujet traité. Ces documents font l'objet d'une édition papier en quantité limitée et d'une diffusion sur le site de l'ONERC (www.onerc.gouv.fr), rubrique publications.

En mars 2008, la note technique n° 4 de l'ONERC qui recense les études concernant les effets du climat et du réchauffement climatique sur les espèces de montagne en France métropolitaine a été actualisée. Ce travail a été réalisé en partenariat avec l'*International Polar Foundation*.

Liste des notes et rapports techniques :

- Note technique n° 1, *Recensement des études concernant les effets du climat et du changement climatique sur les espaces côtiers dans les DOM-TOM*, mars 2005.
- Note technique n° 2, *Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral*, septembre 2005.
- Note technique n° 3, *Impacts du changement climatique sur les activités viti-vinicoles*, janvier 2006.
- Note technique n° 4, *Recensement des études concernant les effets du climat et du réchauffement climatique sur les espaces de montagne en France métropolitaine*, version actualisée mars 2008.
- Rapport technique n° 1, *Changements climatiques dans les Alpes : impacts et risques naturels*, mars 2008.
- Rapport technique n° 2, *Impacts du changement climatique dans les îles subantarctiques*, mai 2009.

ANNEXE IV. LES INDICATEURS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Exposition des populations aux risques climatiques en France métropolitaine en 2005

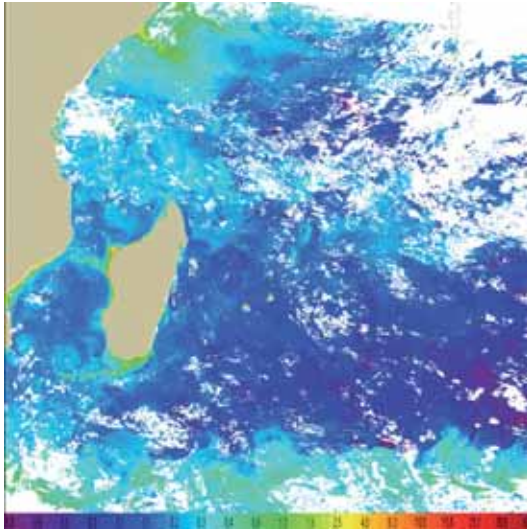


Sources : ONERC/traitement IFEN/
données INSEE/MEEDDM/DGPR.

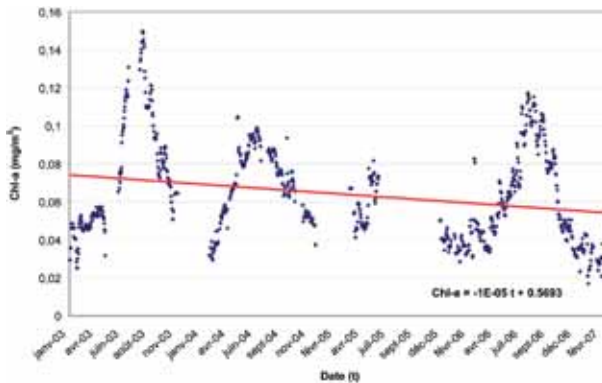
Cette carte illustre le degré par lequel la population de la France métropolitaine est exposée aux risques naturels susceptibles d'augmenter avec le changement climatique (avalanches, tempêtes, feux de forêt, inondations, mouvements de terrain) : plus la densité de population est forte et plus le nombre de risques naturels identifiés par commune est élevé, plus l'indice est fort. La vulnérabilité des territoires exposés est susceptible de s'accroître avec le changement climatique dans la mesure où l'on s'attend à ce que les événements extrêmes

météorologiques deviennent plus fréquents, plus répandus et/ou plus intenses. L'ampleur des risques encourus est donc plus que jamais liée aux choix en matière de développement et d'aménagement du territoire. Une analyse des données statistiques montre que 7 % des communes françaises métropolitaines sont fortement exposées selon ce critère, ce chiffre s'élevant à 29 % si on y adjoint les communes moyennement exposées. À l'échelle régionale, les régions les plus concernées sont : Rhône-Alpes (488 communes où l'indice est élevé, soit 17 % des communes), PACA (327 communes soit 34 %), Île-de-France (264 soit 21 %), Languedoc-Roussillon (231 soit 15 %), Haute-Normandie (217 soit 15 %).

Couleur de l'océan Concentration en chlorophylle a



Cette illustration représente une carte des concentrations en chlorophylle a issue des données synthétisées sur une période de huit jours entre le 8 octobre 2002 et le 15 octobre 2002 de la station de réception satellitaire de l'île de La Réunion.

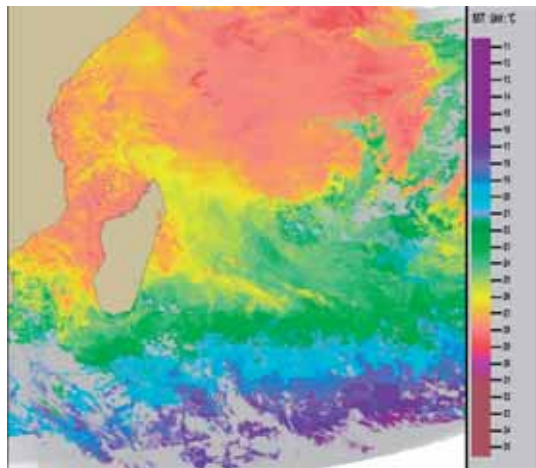


Sources : IRD/Unité espace/Réseau SEASnet.

Ce graphique représente l'évolution des moyennes des concentrations en chlorophylle a, calculées sur un cercle de 2° de rayon autour de l'île de La Réunion. Sur cette courte période de données acquises, on constate une tendance actuelle à la diminution des concentrations dans la région qu'il sera nécessaire de confirmer ou d'infirmer grâce au suivi effectué par SEASnet. Il est à noter que cette diminution coïncide avec l'augmentation des températures de surface de la mer qui représente un des paramètres permettant de quantifier la variabilité du climat liée en partie au changement global. Des études sont en cours pour établir si cette coïncidence s'explique par une relation de cause à effet.

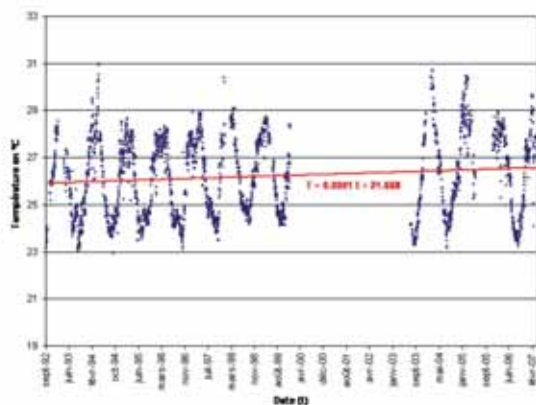
Température de la surface de la mer par télédétection haute résolution spatiale

Image de température de la surface de la mer, synthèse centrée sur le 28 octobre 1999. Station de La Réunion



Cette image illustre un exemple d'une image TSM-HR, représentant les températures de surface de la mer. C'est une synthèse pentadaire glissante de plusieurs images centrées à la date du 28 octobre 1999. Ces synthèses sont effectuées chaque jour de manière à obtenir une image quotidienne de la température de surface la plus probable. La série temporelle d'images qui en découle sur un site donné constitue une base de données à partir de laquelle la dynamique spatiale et temporelle de cet indicateur peut être étudiée.

Évolution des moyennes des TSM-HR depuis 1992. Station de La Réunion

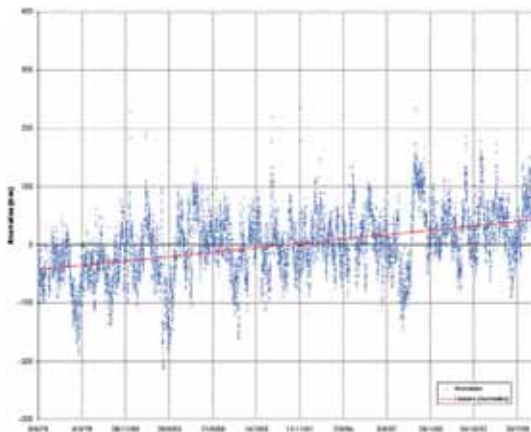


Sources : IRD/Unité espace/Réseau SEASnet.

Ce graphique présente l'évolution des moyennes des températures de surface de la mer calculées sur un cercle de 2° de rayon autour de l'île de La Réunion. L'évolution de la température de surface de la mer autour de l'île de la Réunion est représentative des fluctuations saisonnières au niveau de l'océan Indien tropical. Sur cette période, l'augmentation de la température moyenne semble être une tendance nette. Les années les plus chaudes sont 2004 et 2005.

Niveau de la mer marégraphique

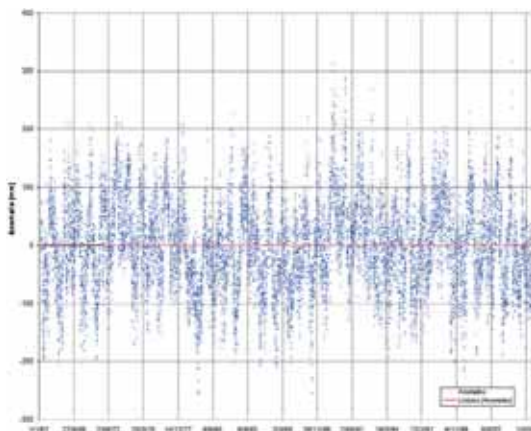
Anomalies du niveau de la mer détectées par le marégraphe de Papeete (Polynésie française) entre 1975 et 2005



L'évolution journalière du niveau de la mer au marégraphe de Papeete est représentée sous la forme d'anomalies (c'est-à-dire sous forme d'écart à un niveau moyen calculé sur toute la série chronologique). La tendance linéaire (courbe droite en rouge sur le graphique) indique la tendance sur les trente années. Cette tendance indique clairement une élévation du niveau de la mer. Cette courbe montre également des diminutions fortes suivies d'une augmentation brutale du

niveau de la mer correspondant à la réponse océanique aux événements climatiques El Niño : 1976-1977, 1982-1983, 1986-1987, 1997-1998. Ces variations sont particulièrement spectaculaires pour les deux événements de 1982-1983 et 1997-1998, événements El Niño majeurs du XX^e siècle.

Anomalies du niveau de la mer détectées par le marégraphe de Nouméa (Nouvelle-Calédonie) entre 1967 et 2005

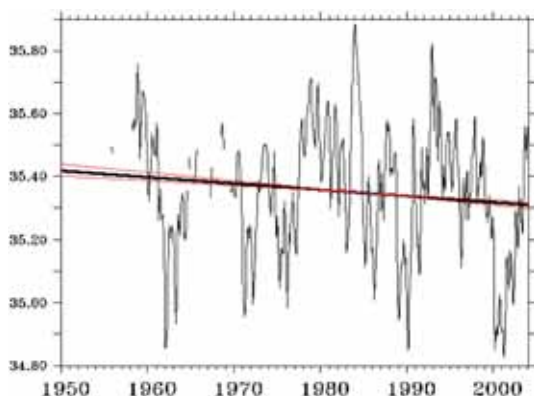


L'évolution journalière du niveau de la mer au marégraphe de Nouméa est représentée sous la forme d'anomalies (c'est-à-dire sous forme d'écart à un niveau moyen calculé sur toute la série chronologique). La tendance linéaire (courbe droite en rouge sur le graphique) indique la tendance sur les trente-huit années. Même si les variations de ces anomalies d'une année à l'autre sont importantes, la tendance sur les trente-huit années ne montre aucun signe d'élévation du niveau de la mer.

Source : Sea Level Center (université de Hawaii).

Salinité de surface de la mer

Variations de la salinité de surface en moyenne mensuelle sur un carré de 1° de longitude par 1° de latitude centré sur la Nouvelle-Calédonie entre 1950 et 2003

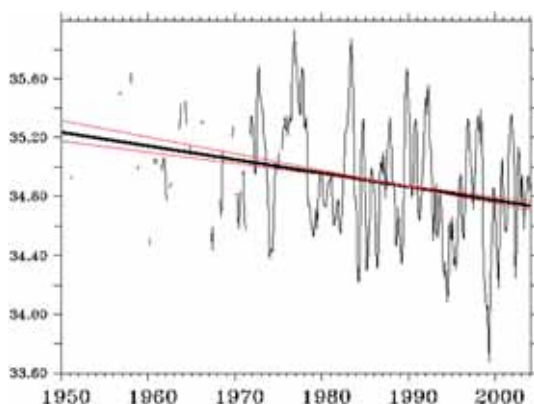


La courbe droite noire représente la tendance linéaire calculée sur la période 1950-2003. Les deux courbes droites rouges permettent d'estimer l'erreur de cette tendance.

Source : Observatoire de recherche en environnement dédié à la salinité de surface (ORE-SSS).

L'évolution de la salinité de surface en Nouvelle-Calédonie est relativement représentative de l'évolution régionale dans le Pacifique tropical sud ouest. La tendance à la baisse de salinité est très nette ($-0,1$ practical salinity scale – PSS) en cinquante ans), en dépit de la salinisation relative qui apparaît aux cours des années El Nino (exemples : 1972-1973, 1982-1983, 1987-1988, 1992-1994, 1997-1998).

Variations de la salinité de surface en moyenne mensuelle sur un carré de 1° de longitude par 1° de latitude centré sur Wallis et Futuna entre 1950 et 2003

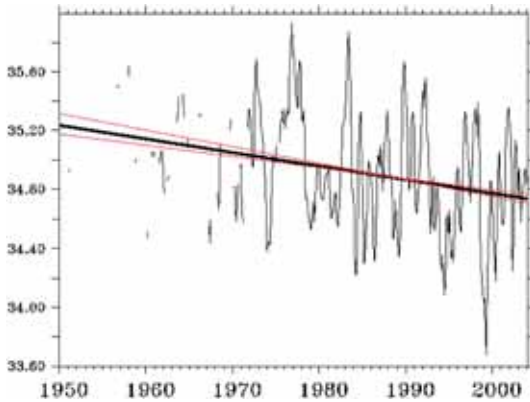


La courbe droite noire représente la tendance linéaire calculée sur la période 1950-2003. Les deux courbes droites rouges permettent d'estimer l'erreur de cette tendance.

Source : Observatoire de recherche en environnement dédié à la salinité de surface (ORE-SSS).

L'évolution de la salinité de surface à Wallis et Futuna est étroitement liée aux variations de précipitations associées aux déplacements de la zone de convergence du Pacifique Sud (SPCZ). La tendance à la baisse de salinité est très nette ($-0,46$ PSS) en 50 ans), en dépit de la salinisation relative qui apparaît aux cours des années El Nino (exemples : 1972-1973, 1982-1983, 1987-1988, 1992-1994, 1997-1998).

Variations de la salinité de surface en moyenne mensuelle sur un carré de 1° de longitude par 1° de latitude centré sur la Guadeloupe.

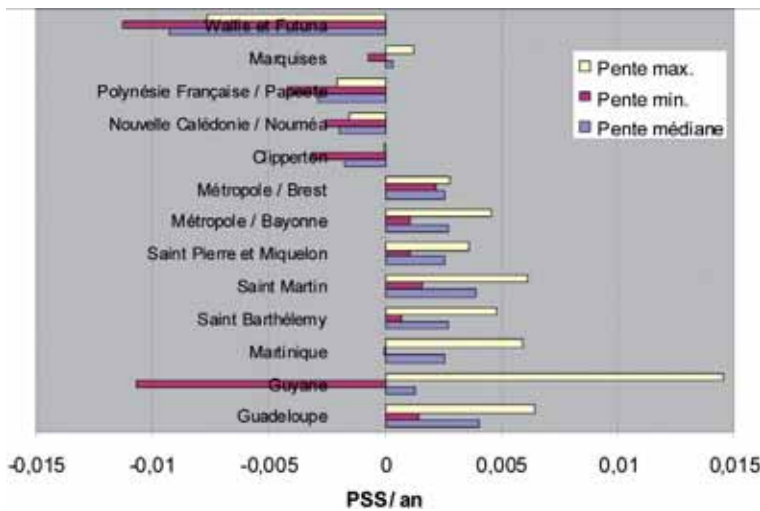


L'évolution de la salinité de surface à la Guadeloupe est relativement représentative de l'évolution régionale en mer des Caraïbes. La salinisation est très nette, de l'ordre de +0,18 PSS par cinquante ans.

La courbe droite noire représente la tendance linéaire calculée sur la période 1970-2003. Les deux courbes droites rouges permettent d'estimer l'erreur de cette tendance.

Source : Observatoire de recherche en environnement dédié à la salinité de surface (ORE-SSS).

Variation de la tendance linéaire en salinité de surface sur la période 1950-2003 pour les sites Pacifique et 1970-2003 pour les sites Atlantique. Les sites ont été regroupés par zone géographique.



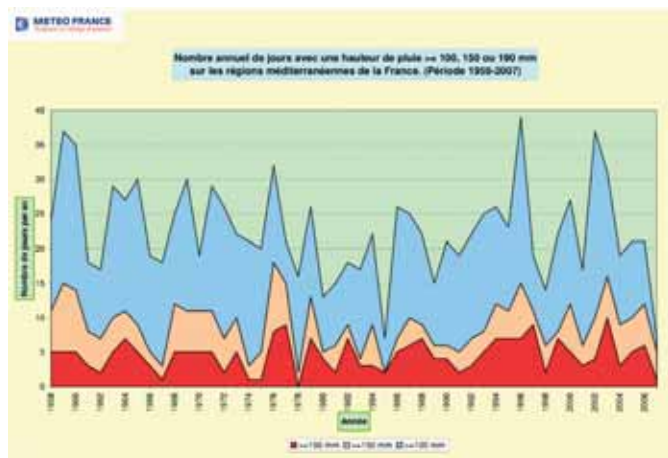
Source : Observatoire de recherche en environnement dédié à la salinité de surface (ORE-SSS).

L'évolution de la salinité de surface montre une salinisation très nette sur les sites Atlantique et, *a contrario*, une baisse importante de la salinité de surface sur les sites Pacifique, en accord avec les résultats de modèles de prévision des modifications des précipitations en réponse au réchauffement global.

Pluies diluviennes sur le sud-est méditerranéen de la France

Les régions méditerranéennes de la France sont régulièrement touchées par des épisodes de pluies diluviennes pouvant apporter des quantités d'eau très importantes sur un court laps de temps : très souvent, la hauteur normale mensuelle en seulement une journée, et pour les épisodes les plus paroxystiques, la moitié (voire plus) de la normale annuelle en seulement quelques heures. Les pluies diluviennes sont étudiées sur les quinze départements du sud-est méditerranéen (sauf la Corse) de la France : Alpes-de-Haute-Provence (04), Hautes-Alpes (05), Alpes-Maritimes (06), Ardèche (07), Aude (11), Aveyron (12), Bouches-du-Rhône (13), Drôme (26), Gard (30), Hérault (34), Lozère (48), Pyrénées-Orientales (66), Tarn (81), Var (83), Vaucluse (84).

Évolution du nombre annuel de jours de pluies ≥ 100 , 150 ou 190 mm sur les régions méditerranéennes de la France de 1958 à 2008

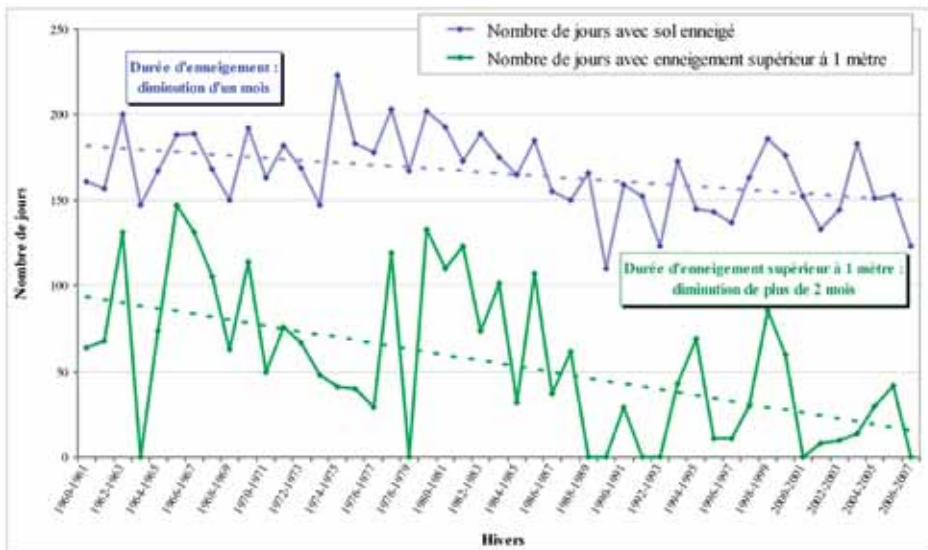


Source : Météo-France.

Le graphique présente l'évolution du nombre annuel de jours de pluies ≥ 100 , 150 ou 190 mm en 24 heures sur les régions méditerranéennes de la France (à l'exception de la Corse). On observe une variabilité interannuelle importante du nombre d'occurrences de fortes pluies quel que soit le seuil considéré. Pour le seuil de 100 mm, la moyenne est de vingt-deux occurrences annuelles, les années records, dépassant les trente événements, étant 1959, 1960, 1976, 1996, 2002 et 2003. À l'opposé, les années les moins perturbées sont 1980, 1981, 1989, 1998 avec moins de quinze cas et 1985 et 2007 qui n'en comptent que sept. Pour le seuil de 190 mm, la moyenne est de quatre occurrences annuelles, les années records, dépassant les sept événements étant 1964, 1976, 1977, 1979, 1988, 1994, 1995, 1996, 1997, le record de dix revenant à 2003. À l'opposé, les années les moins perturbées sont 1978 avec aucun événement et 1967, 1974, 1975, et 2007 qui n'en comptent qu'un. On n'observe pas actuellement de tendance sur l'évolution d'occurrence de pluies diluviennes sur les régions méditerranéennes de la France.

Les hivers au col de Porte (massif de la Chartreuse – Isère)

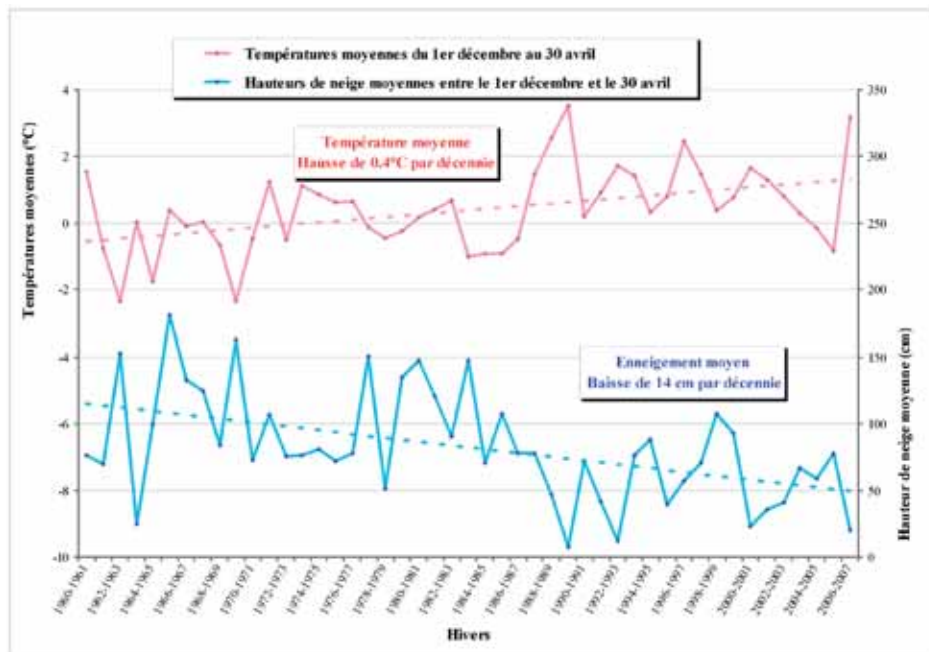
Évolution des températures et des hauteurs de neige moyennes sur les cinq mois allant du 1^{er} décembre au 30 avril au col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1325 mètres d'altitude, sur la période de 1960 à 2007



Source : Météo-France.

Ce graphique présente l'évolution de la durée d'enneigement au-dessus des seuils 0 cm et 100 cm, au col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1325 mètres d'altitude. Les fluctuations observées attestent à la fois du changement climatique et de la variabilité interannuelle, qui est importante. La tendance à la baisse de ces durées d'enneigement est de l'ordre d'une semaine par décennie pour le seuil de 0 cm et de plus de deux semaines par décennie pour le seuil d'1 mètre.

Évolution de la température et de la hauteur de neige moyennes, au col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1325 mètres d'altitude

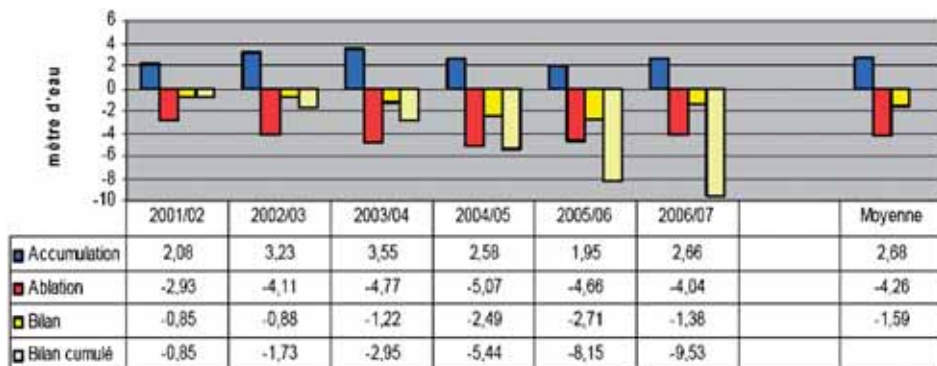


Source : Météo-France.

Ces moyennes sont calculées sur les cinq mois allant du 1^{er} décembre au 30 avril de chaque hiver. Les fluctuations observées attestent à la fois du changement climatique et de la variabilité interannuelle, qui est importante. On observe une hausse de la température moyenne de près de 2 °C, soit 0,4 degré par décennie sur la période, conjointement à une diminution de plus de la moitié du manteau neigeux moyen (14 cm par décennie). Les tests statistiques montrent que ces tendances sont significatives et ne résultent pas de la variabilité naturelle. Aucune tendance ne peut être mise en évidence en ce qui concerne le cumul de précipitation au cours de la période 1960-2007, ceci semble indiquer un lien direct entre la hausse de la température moyenne et la diminution de l'enneigement constatée sur la même période.

Bilan de masse du glacier d'Ossoue (massif du Vignemale – Pyrénées françaises)

Bilan annuel de masse du glacier d'Ossoue (massif du Vignemale – Pyrénées françaises) depuis 2001



Ce graphique donne, annuellement, les différents paramètres associés au bilan (gain ou perte de masse du glacier). L'accumulation (en bleu) correspond au gain de matière (neige hivernale) et l'ablation (en rouge) constitue la perte de masse (fonte estivale de neige et de glace). Le bilan (jaune foncé) résulte de l'accumulation diminuée de l'ablation. D'année en année, on peut additionner la valeur du bilan et ainsi obtenir le bilan cumulé (jaune clair). Malgré des valeurs fluctuantes de l'accumulation et de l'ablation, le bilan est négatif chaque année. En six ans, le glacier d'Ossoue a perdu 9,53 m d'équivalent eau, soit environ 10,6 m d'épaisseur sur l'ensemble de sa surface. Cette courte série de mesures illustre la régression glaciaire importante, observée sur toute la chaîne pyrénéenne.

Évolution du glacier d'Ossoue

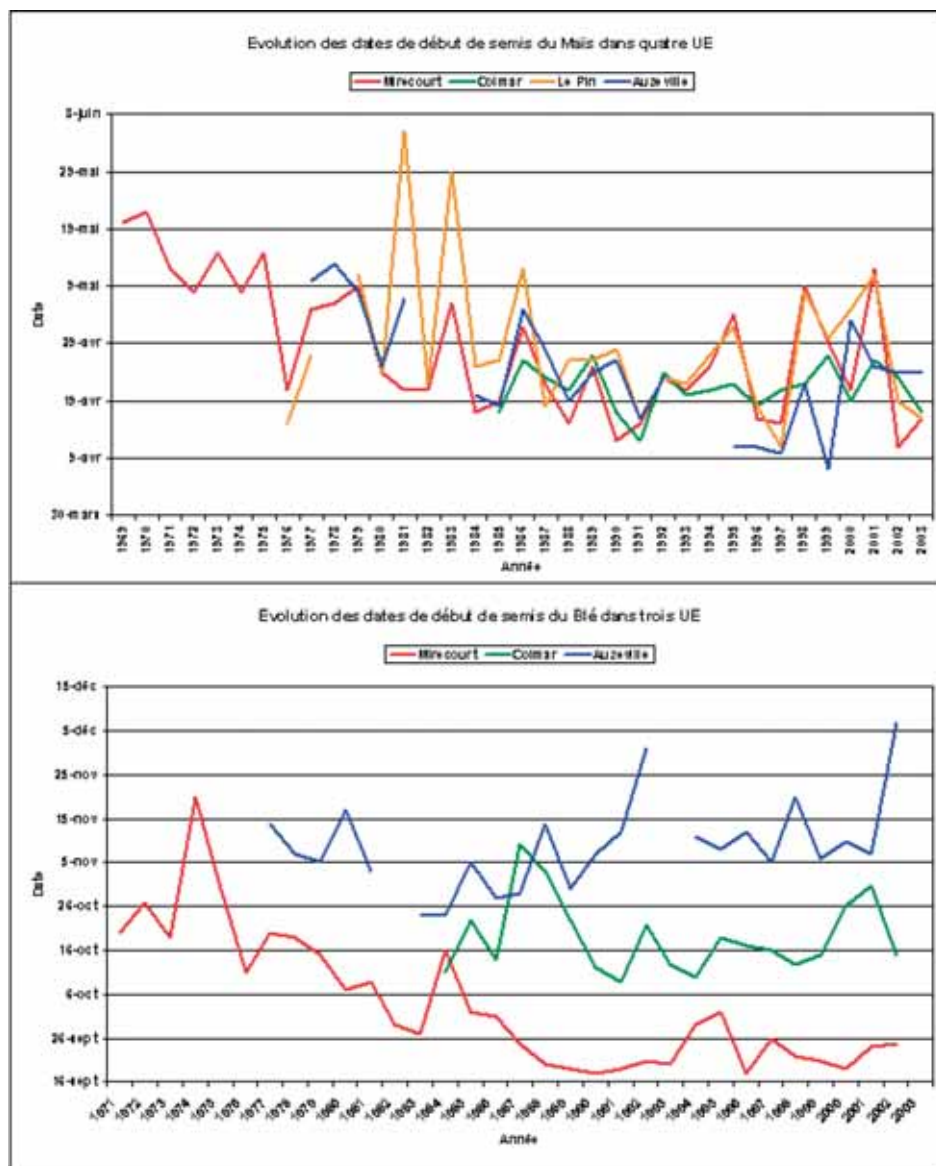


Source : Association Moraine (Association pyrénéenne de glaciologie).

Depuis 1911, le glacier d'Ossoue s'est raccourci de 530 m. Il ne mesure plus que 1,5 km de long aujourd'hui. En 96 ans, sa superficie est passée d'environ 95 à 46 ha, soit une perte de surface de 52 %.

Évolution des pratiques agricoles

Évolution annuelle des dates de semis

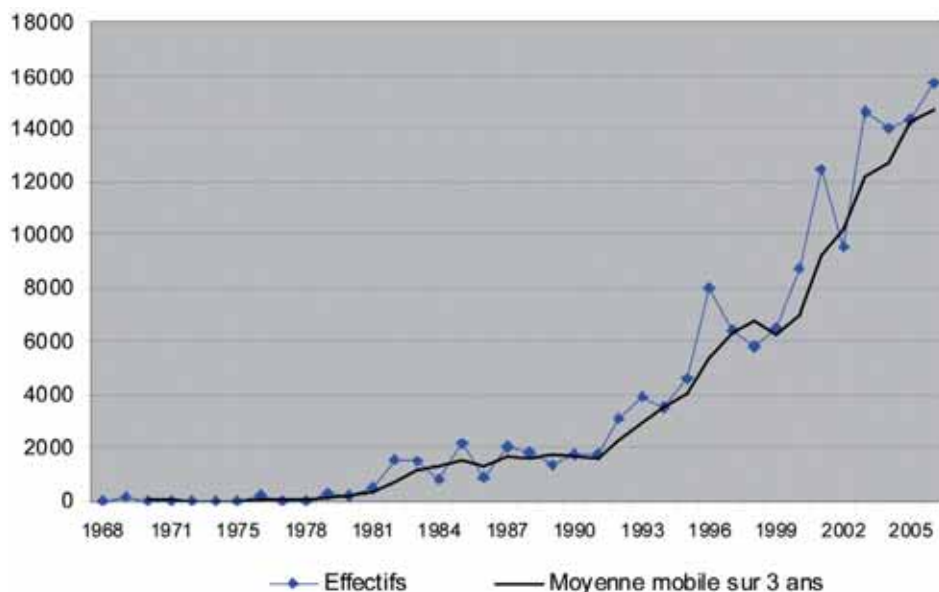


L'analyse de l'évolution annuelle de la date de début de semis d'une culture dans différentes unités expérimentales montre : 1) une tendance à plus de précocité pour la culture du maïs, principalement marquée à Mirecourt, avec une césure significative à partir de 1980 ; 2) que les dates de début de semis du maïs ne sont pas sensiblement différentes d'une unité expérimentale à l'autre ; 3) que, concernant la culture du blé, une évolution est significativement perceptible à Mirecourt (coefficient de détermination $R^2 = 0,80$), avec une baisse notable pour les décennies 70 et une stabilisation à partir de 1987 autour de la mi-septembre (soit un mois plus tôt qu'en 1970!) ; 4) que les dates de début de semis du blé sont en revanche sensiblement différentes d'une unité expérimentale à l'autre : un écart de vingt jours supplémentaires séparent les semis de Colmar (climat semi-continentale) à ceux de Mirecourt et de quarante jours supplémentaires pour Auzeville ; 5) que, de façon générale, la variabilité interannuelle persiste. Les raisons de l'avancée générale de la date de semis au cours des dernières décennies sont susceptibles de trouver plusieurs explications :

- une moindre perception du risque de gel de printemps par les pilotes des unités expérimentales (UE), lors des semis de maïs ;
- un raccourcissement des cycles physiologiques par une maturité plus précoce en saison (de trois à quatre semaines et demi en moyenne sur trente ans respectivement pour le blé et le maïs) ;
- le choix de variétés appropriées au terroir et plus résistantes (sélection génétique : exemple de variétés peu sensibles à la germination sur pied pour le blé ; plus appropriées à des disponibilités en degrés jours plus élevées pour le maïs, etc.). « *Ce que le climat ne permet pas, on essaie de le rattraper sur la variété* » (UE Colmar) ;
- la recherche d'un rendement optimal couplé à une qualité satisfaisante à la récolte « *semer précocement des variétés tardives pour une récolte plus précoce en saison* » (UE Mirecourt) ;
- la modification des systèmes de culture (passage du blé dur au blé tendre ; préférence pour une culture de printemps derrière un maïs ; révision des stratégies de travail du sol, de fertilisation, d'irrigation, etc.) et de spéculation (régression des précédents à blé récoltés tard dans le Sud-Ouest : « *Des fois, si on ne rentre plus dans le créneau climatique, mieux vaut changer de culture* ». La modification des pratiques culturales passe par une bonne connaissance du complexe climat/plante/sol ;
- l'augmentation des surfaces dans le temps (débuter au plus tôt le chantier de semis à l'échelle de l'exploitation, pour qu'il soit fini avant la date butoir ; libérer du temps après la récolte pour la préparation du suivant) ;
- la taille et la performance (plus élevées) du matériel agricole (rapidité du chantier de préparation du sol avant semis et donc semis dans la foulée plus précoce) ;
- l'adoption de stratégies de travail du sol (fissuration verticale avec une herse pour permettre un bon enracinement de la culture, un labour avant les semis des céréales d'hiver en remontant la couche humide du sol et permettre une meilleure levée, etc.) et de semis (semier à une juste profondeur, semer plus dense si on prend des risques) permettant de s'affranchir de certaines contraintes climatiques : « *Avec les techniques culturales, aujourd'hui, on arrive à tamponner la date de semis pour réagir sur le climat* » (UE Colmar).

Évolution des populations de certaines espèces d'oiseaux

Évolution des effectifs d'oies cendrées hivernantes en France entre 1968-2006



Sources : Ligue pour la protection des oiseaux/Wetlands International.

L'oie cendrée (*Anser anser*) hiverne en nombre croissant en France. Plusieurs facteurs expliquent ce phénomène particulièrement net depuis une quinzaine d'années. D'une part l'accroissement des populations nicheuses européennes qui est nette dans les années 1990-2000 (*BirdLife International* 2004). D'autre part les conditions d'hivernage, liées au changement climatique, qui permettent désormais aux oiseaux d'hiverner non plus majoritairement en Europe du Sud comme par le passé (jusqu'au début des années 1980), mais à présent en Europe tempérée, en France notamment, mais aussi dès le sud de la péninsule Scandinave. Les oiseaux effectuent désormais des trajets migratoires plus courts, ce qui a un effet positif sur leur condition physiologique pré-nuptiale (dépense énergétique moindre). Les effectifs bruts comme la moyenne mobile montrent clairement un accroissement de la population d'oies cendrées hivernantes à partir du début des années 1980. Cet accroissement s'accélère à partir du milieu des années 1990. On remarque que le « démarrage » d'un hivernage substantiel se fait à la fin des années 1980, ce qui correspond également à une augmentation significative des températures moyennes annuelles (et notamment hivernales) en France.

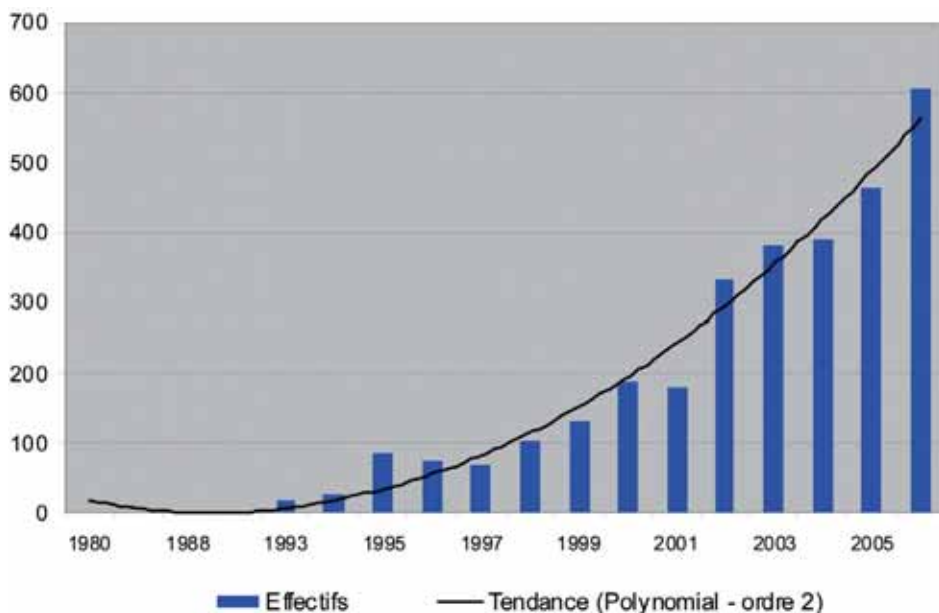
Évolution des effectifs de canards marins hivernants (fuligule milouinan, macreuse brune, eider à duvet, garrot à œil d'or) en France entre 1967-2006



Sources : Ligue pour la protection des oiseaux/Wetlands International.

À la différence de l'oie cendrée, un certain nombre d'espèces de canards, hivernant principalement en mer, montrent une tendance à la baisse. Nous avons choisi quatre espèces parmi celles qui passent régulièrement l'hiver dans les eaux maritimes françaises : le fuligule milouinan *Aythya marila*, l'eider à duvet *Somateria mollissima*, la macreuse brune *Melanitta fusca* et le garrot à œil d'or *Bucephala clangula*. En cumulant les résultats des comptages de la mi-janvier (Wetlands International) pour ces quatre espèces, on constate une diminution globale des effectifs de ces canards en France. L'accroissement constaté dans les années 1970 et dans la première moitié des années 1980 correspond sans doute à une meilleure prospection (augmentation corollaire du nombre de sites recensés). Cependant depuis environ dix ans (1997), on assiste à une baisse importante et continue des effectifs hivernaux de ces quatre canards. Dans le même temps, les populations européennes pour ces espèces sont stables ou en légère augmentation (garrot, eider) ; ou stables et/ou en léger déclin (milouinan, macreuse brune). En aucun cas, cela peut expliquer une telle chute d'effectif. Il faut plutôt y voir un hivernage qui se situe à présent davantage au nord, autour de la mer du Nord et de la mer Baltique. Il sera donc particulièrement intéressant de suivre l'évolution de ces quatre espèces en hivernage sur les côtes de France, en même temps que celles des populations nicheuses.

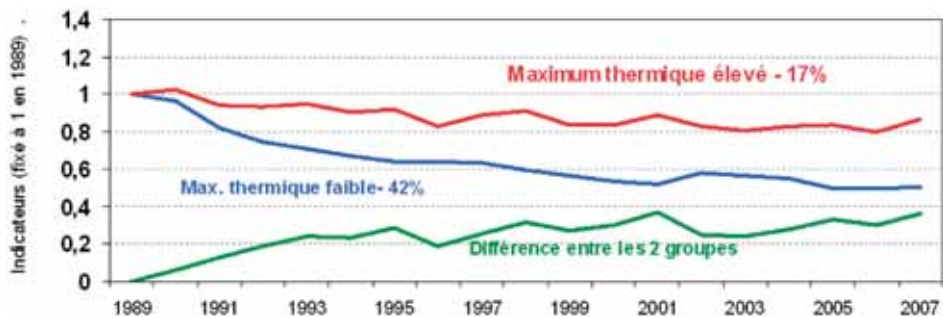
Évolution des effectifs de la cigogne blanche hivernante en France entre 1980-2006



Sources : Groupe France cigogne blanche/Ligue pour la protection des oiseaux.

Cette espèce *Ciconia ciconia*, réputée jusqu'alors migratrice transsaharienne, hiverne depuis quelques décennies dans le sud de l'Europe et en France depuis quelques années (rare avant les années 1990). Elle est présente régulièrement et croît de façon exponentielle. Comme pour l'oie cendrée, on note que le « démarrage » d'un hivernage substantiel commence en 1993, ce qui correspond à un décalage de quelques années par rapport à l'augmentation significative des températures moyennes annuelles (et notamment hivernales) en France. De plus, l'hivernage qui se déroule principalement dans le Midi méditerranéen, notamment autour de Lattes, Hérault (205 en 2005-2006), touche à présent un nombre de plus en plus important de sites dans le nord-ouest du pays, mais aussi dans les régions de l'intérieur comme l'Allier, la Moselle, l'Alsace ou la Dombes. Les cigognes provenant d'élevages et réintroduites dans le milieu naturel ne sont pas comptabilisées pour cet indicateur.

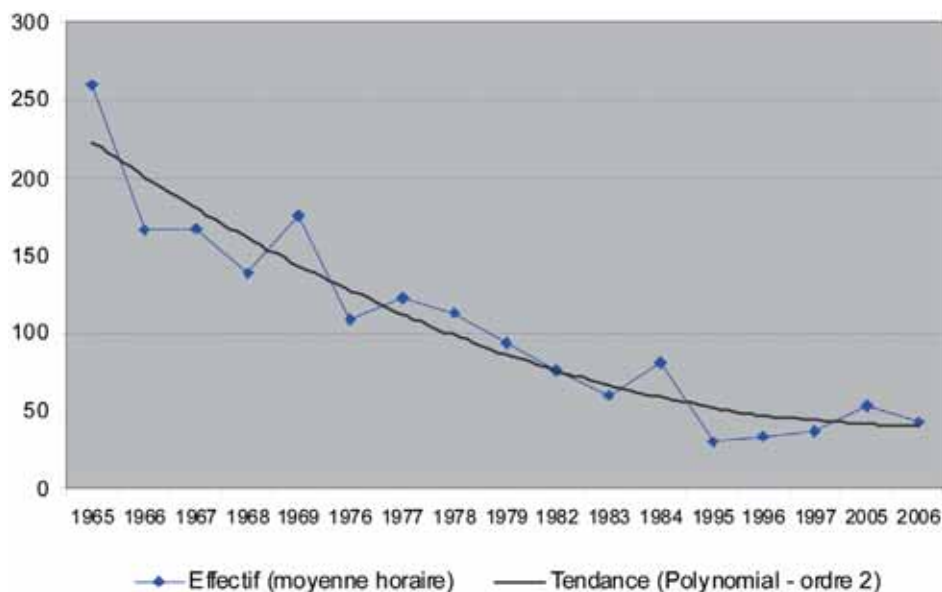
Indicateur d'impact des changements climatiques sur les oiseaux communs nicheurs



Sources : Centre de recherches par le baguage des populations d'oiseaux/Muséum national d'histoire naturelle.

Un indicateur a été mis au point par les ornithologues du Muséum national d'histoire naturelle, à partir des données collectées par le programme de suivi temporel des oiseaux communs (STOC) qui donne également une bonne idée de l'impact du réchauffement climatique sur quinze espèces (dont quatorze passe-reaux) aux affinités septentrionales. Cet indicateur reflète l'évolution quantitative des effectifs d'oiseaux communs nicheurs par espèce. Les quinze espèces « septentrionales » prises en compte sont les suivantes : pipit farlouse, pouillot fitis, mésange boréale, bouvreuil pivoine, roitelet huppé, accenteur mouchet, pouillot siffleur, mésange huppée, tarier des prés, bruant jaune, fauvette des jardins, pipit des arbres, corbeau freux, mésange nonnette et pigeon colombin. Ces auteurs ont montré que la tendance à long terme de la diminution de l'indicateur était en partie expliquée par le maximum thermique, qui est la température maximale sous laquelle niche une espèce en Europe (températures moyennes mensuelles de mars à août pour la période 1960-1990). L'étude retrace sur près de vingt ans l'évolution de cet indicateur. Elle débute en 1989, année de référence pour laquelle l'indicateur a été arbitrairement fixé à 1. Les quinze espèces avec le maximum thermique le plus faible ont été prises pour construire l'indicateur de ces espèces. Le bilan montre une baisse de 42 % en dix-neuf ans (courbe bleue sur le graphique). On peut vérifier l'impact du réchauffement climatique au sens strict en regardant l'évolution de la différence entre les deux indicateurs construits (courbe verte sur le graphique). Elle correspond à la différence de réponse des deux groupes d'oiseaux nicheurs étudiés. Chaque groupe d'oiseaux, contenant quinze espèces différentes, se caractérise par son maximum thermique : celui des espèces à affinités septentrionales est faible (courbe bleue) alors que celui des espèces à affinités méridionales est élevé (courbe rouge). On voit que cette différence s'accroît. À noter que la diminution est de 17 % pour les espèces aux affinités méridionales. À titre indicatif, l'indicateur des espèces spécialistes agricoles baisse de 28 %, et l'indicateur toutes espèces ($n = 65$) baisse seulement de 18 %. Cette variable semble donc être un bon « prédicteur » de l'impact du changement climatique sur les oiseaux nicheurs communs.

Évolution des effectifs de la macreuse noire au cap Gris-Nez (Pas-de-Calais). Suivi automnal de 1965 à 2006

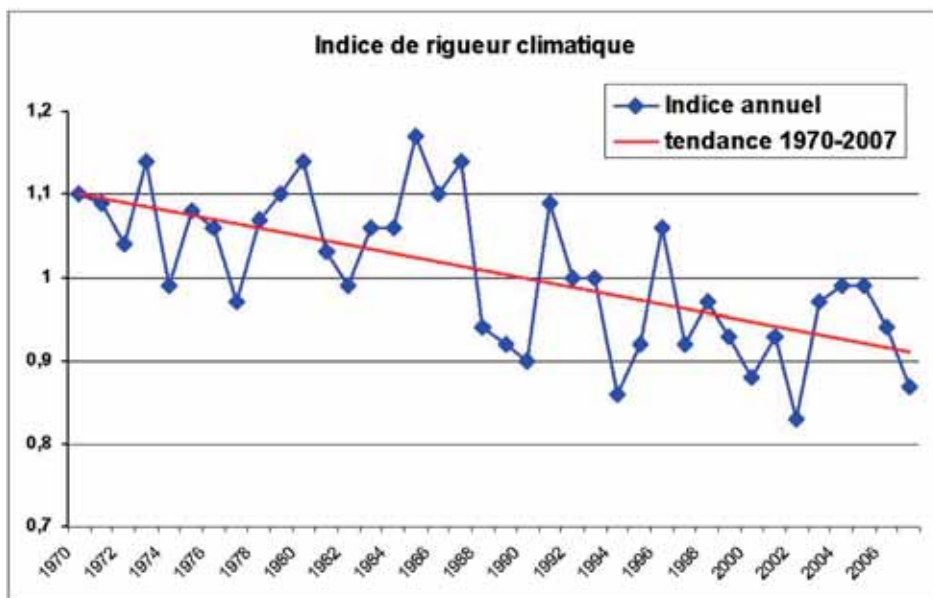


Source : Association Skua.

Il n'y a pas que sur les anatidés hivernants que l'on peut mesurer l'impact direct ou indirect du réchauffement climatique. Si la macreuse noire (*Melanitta nigra*) est encore un hivernant assez commun en France, avec environ 30 000 oiseaux, elle est cependant particulièrement difficile à recenser en janvier, se tenant souvent loin du bord. Les décomptes sont très disparates d'une année sur l'autre. C'est pourquoi le suivi automnal de cette macreuse, à partir d'un point fixe, au cap Gris-Nez, Pas-de-Calais, est riche d'enseignements. Il renseigne mieux sur les effectifs qui transitent le long des côtes de la Manche pour hiverner plus au sud (jusqu'au Portugal) que les simples comptages hivernaux. Les calculs ont été faits sur la moyenne horaire du passage sur la totalité d'une période automnale et sur les années où le suivi a été suffisamment important (100 h et plus). On constate notamment qu'entre 1965 et 2006, la moyenne horaire est passée de 260 macreuses à 43, soit une diminution de 83 %. Les populations européennes – y compris Russes – sont stables depuis les années 1970 (*BirdLife International* 2004), et il ne peut donc être avancé que le déclin observé au passage d'automne dans le Nord de la France soit corrélé à une diminution à plus grande échelle. On peut donc penser que le déclin noté en France correspond d'abord à un hivernage de l'espèce plus au nord en Europe que par le passé. Quoiqu'il en soit, le passage postnuptial de la macreuse noire, bien suivi dans le Nord de la France et singulièrement au cap Gris-Nez, nous montre que nous sommes en présence d'un excellent indicateur pour les années à venir.

Rigueur climatique

Évolution de l'indice de rigueur climatique de 1970 à 2007



Source : sous-direction de l'Observation de l'énergie et des matières premières/MEEDDAT.

Cet indice permet de caractériser la rigueur de la période hivernale d'une année (de janvier à mai et d'octobre à décembre, période nécessitant le chauffage des habitations) par rapport à la moyenne de la période 1976-2005. Un indice de 0,9 indique que la somme des degrés jours unifiés de la période hivernale de l'année considérée a été plus faible que la moyenne de la période de référence. On peut en déduire que la consommation sensible au climat a été cette année-là de 10 % inférieure à ce qu'elle aurait été pour un climat « normal » (égal à la période de référence 1976-2005). On note une baisse sensible de cet indice, en particulier depuis 1988, ce qui coïncide également avec l'augmentation significative des températures de l'air en métropole (températures moyennes annuelles).

ANNEXE V. LA RECHERCHE SUR LE CLIMAT EN FRANCE

Vision générale de la recherche en France sur le climat

La recherche française sur le climat contribue fortement à l'avancement des connaissances dans de multiples domaines : de l'affinement des modèles climatiques, afin de produire des données à des échelles plus opérationnelles pour les diverses disciplines s'impliquant sur le repérage et la gestion des impacts (avérés ou potentiels), aux recherches technologiques, qui développent des dispositifs d'adaptation et d'atténuation du changement climatique. Tous ces domaines bénéficient aujourd'hui d'une place centrale dans les priorités de recherche en France, tant pour les objectifs à plus ou moins long terme que pour la mise en place de réponses pertinentes à brèves échéances.

Cette annexe présente de manière synthétique les principaux programmes de recherche en France au cours de la période 2006-2010 sur le climat, son évolution, les impacts et les réponses au changement climatique. Ces programmes sont dans leur grande majorité nationaux, et peuvent pour certains s'inscrire dans le cadre d'un programme européen ou international.

L'action des pouvoirs publics dans la recherche

Face au constat préoccupant d'une urgence écologique, la France s'implique avec force dans la lutte contre le changement climatique. L'action des pouvoirs publics français a pour ambition d'être la plus complète et efficace possible, notamment par la prise en compte d'un maximum d'activités humaines. Cet objectif a été fixé dans le cadre du Grenelle Environnement et réaffirmé par la Stratégie nationale de recherche et d'innovation (SNRI) de 2009.

Afin de trouver une meilleure synergie entre recherche publique et recherche industrielle, la France a créé un nouveau dispositif de soutien aux meilleurs projets des laboratoires publics et privés ainsi qu'à l'innovation. Ce dispositif comprend la création en 2005 de l'Agence nationale de la recherche (ANR), de l'Agence de l'innovation industrielle (AII) et de l'OSEO-ANVAR. L'action de ces trois agences s'inscrit dans une politique de long terme : le budget de 350 millions d'euros en 2005 passera à 2,5 milliards d'euros en 2010. Les trois agences participent au financement des 66 pôles de compétitivité labellisés en 2005 et complètent l'action conjointe de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) et du ministère en charge de la Recherche pour définir les orientations des programmes nationaux de recherche.

Le gouvernement français a décidé de lancer en 2009 une large concertation afin de relever efficacement les grands défis scientifiques, sociaux et économiques de demain en tirant parti des regards croisés de nombreux acteurs issus du monde

académique, économique et associatif. La SNRI porte ainsi les recommandations issues du comité opérationnel « Recherche » du Grenelle Environnement, et s'intègre dans le Plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Set Plan). Les débats ont eu lieu au sein de groupes de travail pendant plusieurs mois et ont servi de base à l'élaboration d'un document de référence autour de grandes orientations claires pour les cinq prochaines années. Ce document permet ainsi de fixer les priorités budgétaires de l'État qui seront déclinées dans les contrats d'objectifs des organismes de recherche et dans la programmation de l'ANR.

L'engagement financier

L'engagement financier de l'État en matière de recherche sur le climat concourt pleinement à la politique de la France de lutte contre le changement climatique. Il peut être évalué à **1,4 milliard d'euros** pour l'année 2009, à travers l'ensemble des aides publiques aux différentes thématiques de recherche sur le climat y compris celles afférentes au domaine de l'énergie. De plus, la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement prévoit la mobilisation par l'État d'1 milliard d'euros supplémentaire d'ici à 2012 en matière de recherche sur le développement durable, notamment sur le changement climatique, les énergies et les moteurs du futur, la biodiversité, l'impact de l'environnement sur la santé et les technologies relatives au traitement des déchets et du recyclage.

L'ANR joue un rôle central dans la recherche sur le climat. Le montant global des crédits de recherche qu'elle consacre au financement de ses vingt programmes de recherche s'inscrivant dans les thématiques « Énergie durable et environnement » et « Écosystèmes et Développement durable » a atteint sur la période 2005-2008 environ 560 millions d'euros, alloués à 766 projets (soit un budget de près de 860 000 euros par projet de recherche). On peut estimer qu'environ 60 % d'entre eux correspondent directement à la problématique climatique, soit sur cette période 330 millions d'euros (plus de 80 millions d'euros par an)⁹.

Les axes directeurs de la recherche sur le climat

La SNRI a identifié en 2009 les quatre objectifs majeurs inhérents à la recherche française sur le climat, définissant ainsi des orientations pour l'avenir.

Mieux comprendre l'évolution du climat et des écosystèmes

L'effort de recherche français s'inscrit au meilleur niveau dans le cadre du GIEC, dont les travaux permettent de scénariser l'évolution du climat sur le moyen et

9. Ces données chiffrées sont puisées des rapports d'activité de l'Agence nationale de la recherche (ANR), dont la somme a été validée par la direction générale de l'ANR.

le long terme, en fonction de différentes hypothèses sur les émissions de gaz à effet de serre. Les marges de progrès sont considérables dans la modélisation du climat et de son évolution. Les défis à relever sont nombreux, de la densification spatiale et temporelle des données à la régionalisation des modèles d'évolution climatique, en passant par une meilleure compréhension du rôle des différents compartiments et de leurs couplages.

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

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

Maîtriser l'énergie dans quatre domaines clés

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

Promouvoir villes et mobilité durables

La globalisation et le développement de la société de la connaissance conduisent à un accroissement très fort de l'urbanisation mondiale et de la mobilité des personnes et des biens. De plus, une part très importante des émissions de gaz à effet de serre concerne le secteur de l'immobilier d'habitat et tertiaire ainsi que celui des transports. D'un point de vue global, des disciplines telles que l'urbanisme, l'économie, la sociologie des organisations, les sciences de l'information et la recherche opérationnelle sont certainement des contributeurs importants, à côté des sciences « dures » et de l'ingénierie.

Développer les écotechnologies et l'écoconception

Développer des écotechnologies permet de concevoir des produits et des services compétitifs avec un impact environnemental faible, voire nul, tout au long de leur cycle de vie. Les applications sont extrêmement variées et concernent les sujets évoqués ci-dessus, mais plus généralement l'ensemble de l'activité économique. La chimie « verte » constitue un domaine particulier où la France, forte de ses atouts et de son tissu industriel, doit se positionner. Elle contribue à développer de nouvelles solutions pour réduire et éliminer à terme l'usage et la génération de substances polluantes par le biais de procédés chimiques innovants ou de nouvelles applications offertes par la biologie synthétique.

Le système climatique et les climats passés

Grâce aux efforts entrepris par la recherche pour comprendre le système climatique, notre planète apparaît plus que jamais comme un ensemble global dans lequel le climat dépend d'interactions complexes entre l'océan, l'atmosphère, la cryosphère, la biosphère et les activités humaines. À ce titre, les enregistrements glaciologiques sont une source inestimable d'information sur les conditions climatiques passées de la Terre, car elles enregistrent dans leur composition et leur structure des informations précieuses sur les évolutions du climat et de l'écoulement de la calotte polaire. En effet, en associant une résolution temporelle à la fossilisation de caractéristiques physicochimiques de l'atmosphère dans la matrice glace, les analyses conduites sur les enregistrements glaciologiques obtenus par les recherches françaises permettent des avancées incontestables dans la compréhension du système climatique et de sa variabilité.

L'action interorganisme : les enveloppes fluides et leur environnement (LEFE)

Créée en 2006, l'action interorganisme : les enveloppes fluides et leur environnement (LEFE) est un programme fédérant tous les anciens programmes océan-atmosphère coordonnés par l'Institut national des sciences de l'univers. LEFE est constituée de cinq programmes de recherche qui correspondent à la dynamique des grands programmes internationaux sur les changements environnementaux planétaires du Conseil international pour la science (ICSU) et du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) :

- assimilation de données (ASSIM);
- chimie atmosphérique (CHAT);
- cycles bio géochimiques, environnement et ressources (CYBER);
- évolution et variabilité du climat à l'échelle globale (EVE);
- interactions et dynamique de l'atmosphère et de l'océan (IDAO).

Les financements attribués par LEFE pour les appels d'offres annuels sont en moyenne d'un montant de 2 millions d'euros pour soixante projets, avec un coût consolidé de 30 millions d'euros.

Le projet *European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)*

Le programme européen *European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)*, placé sous l'égide de la Fondation européenne de la science (ESF), a été lancé en 1995. Il a permis de mettre en place des campagnes successives de carottages glaciaires en Antarctique dont la dernière à 3 260 mètres de profondeur révélant le climat des 800 000 dernières années. L'obtention en 2008 du prix Descartes décerné par l'Union européenne atteste de l'importance des travaux effectués dans le cadre d'EPICA.

Organisé sous forme de consortium, le projet EPICA a été conduit par douze partenaires issus de dix pays européens (Allemagne, Belgique, Danemark, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse). La responsabilité des opérations de forage à Dôme C a été confiée au Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE). Les laboratoires français, LGGE et le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) au premier plan, ont contribué de façon importante aux analyses et interprétations climatiques, et ont été signataires des principaux articles présentant les résultats obtenus jusqu'à présent et publiés dans des revues renommées, à l'instar de *Nature* et *Science*. Le dernier rapport du GIEC prend largement en compte les enseignements tirés d'EPICA. La moisson des résultats d'EPICA n'est pas terminée et des séries de mesures vont se poursuivre en 2009, 2010 et au-delà.

Le projet *North Greenland Eemian ice drilling France (NEEM)*

Le projet *North Greenland Eemian ice drilling (NEEM)* est un nouveau projet de forage profond dans la glace du nord-ouest du Groenland. Il se déroule de 2007 à 2011 au Groenland, et est soutenu par l'Institut polaire français (IPEV) et l'ANR à travers le programme « Vulnérabilité : milieux, climat et sociétés » (VMCS). Son objectif est d'obtenir des échantillons de glace recouvrant les derniers 140 000 ans – c'est-à-dire l'intégralité à la fois de la dernière période glaciaire et de l'Eemien – et la période interglaciaire qui l'a précédée afin de caractériser l'évolution du climat du Groenland au cours de ces deux périodes.

NEEM implique quatorze pays (Belgique, Canada, Chine, Danemark, États-Unis, France, Allemagne, Islande, Japon, Corée du Sud, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse), et la coordination internationale est assurée par l'université de Copenhague. La participation française, au travers de trois laboratoires (LSCE, LGGE et CNRM), apporte un ensemble de spécialistes de la modélisation de l'écoulement de la glace, de la dynamique du climat, et de leurs interactions (quatre personnes en moyenne par an).

Le projet NEEM français porte sur d'une part la caractérisation du névé polaire et l'analyse des carottes de glace issues du forage profond (isotopes stables de l'eau, poussières, propriétés physiques de la glace, analyse élémentaire et isotopique de l'air contenu dans la glace), d'autre part la modélisation de la circulation atmosphérique régionale, du climat global, et la modélisation de l'écoulement de la calotte du Groenland pour améliorer le couplage entre modèles climatiques et modèles de calottes.

Modélisation et prévision climatiques

La France possède deux modèles climatiques, l'un développé par Météo-France et le *Centre for Research and Advanced Training in Scientific Computation* (CERFACS), l'autre par l'Institut Pierre-Simon-Laplace des sciences de l'environnement (IPSL), qui diffèrent principalement par leur composante atmosphérique.

L'IPSL a choisi une approche multidisciplinaire intégrée du système Terre pour étudier de façon cohérente les changements climatiques passés et futurs. Cette approche fait intervenir les interactions entre l'océan, l'atmosphère, la biosphère et la cryosphère sous l'ensemble de leurs aspects physiques, chimiques et biologiques. Elle s'appuie sur les activités de modélisation du climat menées dans les différents laboratoires de l'IPSL, ainsi qu'au LGGE, et est coordonnée au niveau du pôle de modélisation du climat de l'IPSL, nommé « IPSL-groupe climat et modélisation globale » ou *IPSL Global Climate Modeling Group* (IGCMG). Les développements associés à ces questions sont coordonnés au niveau national par le projet MISSTERRE du programme interorganisme LEFE. Les activités des pôles de modélisation concernent environ une centaine de chercheurs et ingénieurs. À ces personnes s'ajoute un cercle plus large d'environ deux cents personnes qui utilisent les résultats et bénéficient de la mise à disposition des données.

Les équipes de Toulouse (Centre national de recherches météorologiques – CNRM – et CERFACS) se sont beaucoup investies dans la caractérisation du changement climatique en cours, en progressant sur la compréhension de la sensibilité du système climatique et en travaillant sur les impacts du changement climatique, tant sur les variabilités physiques comme sur d'autres champs : hydrologie, couvert végétal ou nivologie. Pour ce faire, un effort important est consacré à l'étude des grands modes de variabilité et de leurs téléconnexions, ainsi qu'aux régions polaires. La projection du changement climatique à l'échelle globale ne suffit pas pour cerner les impacts régionaux pour lesquels le CNRM a développé des modélisations emboîtées pour répondre aux besoins d'échelle de plus en plus fine (50, 25, puis 10 km); le CERFACS quant à lui a exploré d'autres méthodes basées sur les régimes de temps.

La participation de la France au groupe 1 du GIEC a permis le regroupement des équipes impliquées dans le cadre d'un projet commun, ESCRIME, sous l'égide de l'Institut national des sciences de l'univers (INSU). Ce projet a réuni les équipes de l'IPSL (LOCEAN, LMD, LSCE), du LGGE, du CERFACS et du CNRM (Météo-France) en favorisant l'émergence d'activités scientifiques conjointes et d'exercices de modélisation partagés autour des deux modèles climatiques français. Le projet ESCRIME a été financé par l'INSU avec le soutien de l'ONERC et de l'IDDRI, et a impliqué la participation lourde et l'apport d'importants moyens de calcul de plusieurs organismes (CNRS, CEA, Météo-France et CERFACS).

L'exploitation des résultats des simulations du GIEC s'est également poursuivie dans le projet européen FP6 ENSEMBLES pour lequel des simulations complémentaires ont permis d'affiner les résultats obtenus avec les simulations du GIEC et de préparer les prochaines simulations qui seront réalisées à partir

de 2009 dans le cadre de la préparation du cinquième rapport, sur les thèmes de recherche suivants : les interactions chimie-aérosols-climat ; le cycle du carbone ; la rétroaction et les nuages ; le cycle hydrologique ; les modes de variabilité ; la détection et l'attribution ; la parallélisation ; la cryosphère ; enfin la régionalisation et les extrêmes.

Les impacts du changement climatique

La problématique du changement global est devenue un enjeu majeur pour les écosystèmes naturels et anthropisés. La prise en compte des risques écologiques engendrés par le changement climatique et de la pression anthropique implique la juste mesure et l'anticipation de ces effets sur l'environnement et l'homme. Ces impacts perturbent les grands cycles biogéochimiques et hydrologiques à l'échelle planétaire et génèrent des effets combinés dont la nature et l'amplitude constituent le cœur des champs de recherche. Les programmes de recherche présentés ici s'inscrivent en droite ligne de cette nécessité de comprendre et d'évaluer l'ampleur de ces impacts du changement climatique, afin de mettre en œuvre des stratégies d'atténuation et d'adaptation.

Les thèmes abordés par ces recherches concernent donc les grandes problématiques que sont **les ressources naturelles, les écosystèmes, les risques naturels**, qui constituent trois axes de recherche concernant pleinement la France, car le changement climatique induit des risques sur l'ensemble du territoire français qu'il est nécessaire de mesurer. La recherche française conduit des recherches ayant pour objectif spécifique d'évaluer les incidences possibles des changements climatiques sur le territoire national (outre-mer compris) et les mesures d'adaptation susceptibles d'être mises en œuvre dans les zones géographiques et les secteurs d'activités les plus vulnérables.

Le programme : «*Gestion et impacts du changement climatique*»

Lancé en 1999 par le MEEDDM, le programme de recherche « Gestion et impacts du changement climatique » constitue le volet « Impacts » du dispositif national de recherche sur l'atmosphère et le climat. soixante projets ont été financés sur des thèmes divers, mobilisant la communauté scientifique française autour de problématiques très concrètes pour la conduite des politiques publiques. Le GICC se compose aujourd'hui de deux phases (GICC-1 et GICC-2). Il opère par appel à propositions de recherche (APR) annuel. Ainsi, GICC-1 a émis des APR en 1999, 2000, 2001 et 2002. GICC-2 a émis 3 APR, en 2003, 2005 et 2008 ainsi qu'un appel d'offres conjoint avec l'Institut français de la biodiversité (IFB) sur le thème « Biodiversité et changement global ». Les projets de recherche sélectionnés suite à ces APR durent généralement trois ans. Les actions de recherche sur le changement climatique menées au niveau européen sont également prises en compte. Le GICC est engagé dans le programme européen ERA-NET CIRCLE.

Les projets financés dans le cadre du programme GICC peuvent être classés en plusieurs thèmes :

- les scénarii d'évolution des caractéristiques du climat du XXI^e siècle ;
- les interactions climat-économie-société et la gestion du temps ;
- le rôle de la séquestration forestière de carbone et des pratiques agricoles dans les politiques climatiques ;
- les liens entre l'action nationale et l'action internationale ;
- vers de nouveaux inventaires d'émissions nettes de gaz à effet de serre (direct ou indirect) et d'aérosols ;
- l'impact sur la biosphère terrestre ;
- l'impact sur les hydrosystèmes ;
- l'impact sur la santé ;
- les impacts sur la biodiversité.

Le programme de l'Agence nationale de recherche : «Vulnérabilité : milieux, climats et sociétés»

Le programme «Vulnérabilité : milieux, climat et sociétés» (VMCS) vise à renforcer la production scientifique nationale, à engendrer des connaissances utiles pour l'action publique et à renforcer les capacités françaises dans les négociations internationales sur la thématique du changement global. Ce programme s'adresse aux équipes proposant de développer des recherches fondamentales ou industrielles sur la problématique de la vulnérabilité des compartiments essentiels de notre environnement, face au changement climatique et à la pression anthropique VMCS a clôturé son cycle d'appels à projets en 2008. La première édition du programme s'est déroulé sur trois ans, de 2005 à 2007, et s'intitulait «Vulnérabilité : climat et milieux» et a permis de financer vingt-neuf projets de recherche, représentant pour les trois appels à projets du programme un montant de près de 18 millions d'euros. La composante sociale a été intégrée par la deuxième édition du programme, également étalée sur trois ans, pour laquelle les projets sélectionnés se déroulent sur les années 2009, 2010 et 2011. Le montant total alloué par appel d'offres est de 8,1 millions d'euros, soit 610 000 euros en moyenne par projet.

Les programmes de l'Agence nationale de recherche sur la biodiversité

Bien que n'étant pas spécifiquement ciblé sur le changement climatique, le programme sur la biodiversité «sixième extinction», lancé en 2009, mérite d'être mentionné. Il répond à la nécessité de mieux comprendre les processus écologiques évolutifs, de documenter l'ampleur et les caractéristiques de l'érosion de la biodiversité et ses conséquences, de prédire l'évolution de la biodiversité à l'aide de modèles, de promouvoir une ingénierie écologique et sociale adaptée, et de développer les outils incitatifs permettant aux sociétés humaines d'intégrer les objectifs de préservation de la biodiversité dans leur développement.

Le quatrième programme de l'ANR sur la biodiversité, l'Era-Net régional « NET BIOME », qui sera lancé en 2010, s'inscrit dans la continuité du programme « sixième extinction », et cible les recherches sur des sujets urgents et importants concernant les régions ultrapériphériques de l'Europe ainsi que les pays et territoires d'outre-mer. En effet, la biodiversité des régions ultra périphériques est exceptionnelle mais peu connue. Les îles françaises ont vingt-six fois plus d'espèces de plantes, soixante fois plus d'espèces d'oiseaux et cent fois plus d'espèces de poissons qu'en France continentale. L'apport de l'Europe à la connaissance de la biodiversité mondiale suppose donc celle des régions ultrapériphériques, notamment françaises.

Le programme de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement du travail : « Changement climatique et santé humaine »

Dans le cadre de l'ERA-Net EnvHealth (2008-2011) piloté par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement du travail (AFSSET) avec l'appui du MEEDDM, un appel international à projets de recherche financé conjointement par la France, le Royaume-Uni (*Natural Environment Research Council*) et les Pays-Bas (ministère de l'environnement et de la santé publique – VROM) a été lancé en 2008. Les trois projets sélectionnés ont pu inclure des partenaires d'autres États membres de la communauté européenne, pour une durée maximum de trois ans. Le montant total du financement offert à l'appel à projet est de 3 millions d'euros.

Le thème de cet appel à projets était l'étude de la vulnérabilité sanitaire résultant des impacts du changement climatique global dans les régions ouest-européennes se traduisant par :

- des impacts directs sur l'écosystème sol-eau ;
- les effets indirects que ces impacts auront sur la santé humaine ;
- les mesures potentielles d'adaptation ou de mitigation dans les domaines de l'utilisation des sols et des ressources en eau.

Le projet *European Project on Ocean Acidification* (EPOCA)

Le projet *European Project on Ocean Acidification* (EPOCA) a été lancé en juin 2008 pour quatre ans. Son objectif principal est d'améliorer notre compréhension des mécanismes biologiques, écologiques, biogéochimiques et sociaux du phénomène d'acidification des océans. Coordinné par le Laboratoire d'océanographie du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), il regroupe plus de cent chercheurs de neuf nationalités européennes et issus de vingt-sept instituts. Les travaux sont regroupés en quatre thèmes :

- **Changements historiques et présents de la chimie des océans et la biogéographie des organismes clés.** Des méthodes de paleoréconstruction sont utilisées sur plusieurs archives, entre autres sur des foraminifères et des coraux profonds, afin de déterminer la variabilité passée de la chimie de la mer. Sont étudiés également

des paramètres biologiques tels que la distribution géographique et la quantité de planctons présents dans les océans.

- **Effets de l'acidification des océans sur les organismes et écosystèmes marins.** Plusieurs méthodes sont utilisées pour étudier des processus biogéochimiques importants comme la calcification, la photosynthèse et la fixation d'azote. Les organismes sont exposés aux concentrations de CO₂ correspondantes aux niveaux prévus pour la fin du siècle. Ces expériences sont conduites en laboratoire et sur le terrain. La capacité d'adaptation des organismes est évaluée. Les études sont conduites dans des zones susceptibles d'être les premières touchées par l'acidification des océans, comme l'Atlantique du Nord et l'océan Arctique.

- **Combinaison des résultats des thèmes 1 et 2 dans des modèles climatiques** afin de calculer les changements et effets d'ici 2100. Une attention particulière est consacrée aux cycles du carbone, de l'azote, du fer et du soufre pour déterminer de quelle manière ils seront affectés et rétroagiront eux-mêmes sur le climat.

- **Synthèse des résultats des autres thèmes pour déterminer s'il y a des *tipping points*** (ou seuils) qui, s'ils sont dépassés, entraîneront un état nouveau et irréversible. Ces informations ainsi que le niveau de réduction des émissions de CO₂ nécessaire pour éviter d'atteindre ces seuils, sont destinées à être communiquées au grand public.

Le programme de l'Agence national de la recherche : « Changements environnementaux planétaires »

Ce programme vise à développer des recherches prospectives ou rétrospectives non plus seulement sur l'étude de processus et d'impacts, mais aussi de favoriser des recherches sur l'évolution de différents systèmes économiques, sociétaux, écologiques, etc. interagissant sous l'impact du changement global, afin de permettre des projections, notamment sur les trente à cent prochaines années. Le programme s'ouvre à l'international et couvre les années 2009, 2010 et 2011. Le programme alloue un budget compris entre 500 000 et 1,5 million d'euros par projet sélectionné.

Les axes de recherche sont :

- la vulnérabilité et l'adaptation des sociétés aux « Changements environnementaux planétaires » ;
- l'aménagement des territoires et l'occupation des sols dans le contexte des « Changements environnementaux planétaires » ;
- le rôle de la biodiversité sur le fonctionnement des écosystèmes dans le contexte des « Changements environnementaux planétaires » ;
- les ressources naturelles et la sécurité alimentaire dans le contexte de « Changements environnementaux planétaires » ;
- les changements environnementaux planétaires et les effets sur la santé ;
- les outils et méthodes pour la science du système Terre.

Au niveau international, *Earth System Science Partnership* (ESSP) vise à fédérer les quatre grands programmes thématiques sur l'étude du changement global, à savoir le programme sur le climat (WCRP), la biosphère-géosphère (IGBP), la biodiversité (DIVERSITAS) et la dimension humaine (IHDP). Le programme « Changements environnementaux planétaires » ambitionne de représenter la contribution française à ESSP. La structuration du programme est en conséquence proche de l'interface avec les grands programmes internationaux qui composent l'ESSP. Le but est donc d'agrégier les communautés scientifiques concernées à l'interface de ces thématiques principales afin d'afficher une visibilité internationale du programme « Changements environnementaux planétaires » vis-à-vis de ces programmes internationaux. L'interface sera assurée en coordination avec le Comité national français du changement global (CNFCG). Le programme « Changements environnementaux planétaires » étant destiné par essence à nouer des partenariats internationaux, il est ouvert à des consortiums internationaux et notamment des équipes issues de pays en développement. Par exemple, l'appel à projets 2009 a été ouvert à des projets franco-brésiliens.

Le programme de l'Agence nationale de la recherche : «Risques naturels : compréhension et maîtrise»

L'ANR a proposé deux appels d'offres pour ce programme, en 2008 et en 2009. Les douze projets s'inscrivant dans le cadre de l'appel 2008 ont bénéficié de 540 000 euros en moyenne, soit une enveloppe de 6,5 millions au total pour la première édition. L'objectif de ce programme est la réduction des impacts humains, physiques, sociaux et économiques des aléas naturels à occurrence rapide (d'origine hydrométéorologique : crues torrentielles et inondations, avalanches et risques glaciaires, tempêtes, tornades et cyclones, épisodes neigeux ou verglaçant... ou tellurique : séismes, volcans, tsunamis, instabilités gravitaires).

Le programme entend aborder l'ensemble des problématiques de recherche nécessaires à une bonne gestion de ces risques, à court, moyen et long termes. Il encourage les projets impliquant la collaboration étroite de spécialistes de divers domaines (sciences de la Terre et de l'environnement, sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales) et s'intéressant à plusieurs composantes de la chaîne du risque : aléas, vulnérabilité, expertise, appui aux politiques publiques, enjeux de sociétés...

Ainsi, le champ de recherches abordé par ce programme est très vaste, et comporte notamment :

- l'estimation quantitative de ces aléas naturels, en particulier probabiliste ;
- l'analyse des différentes vulnérabilités (physique, sociale, économique, organisationnelle) : méthodes d'estimation, leurs interactions, moyens de réduction, études coûts/bénéfices ;
- la précision de l'acceptabilité des risques et de la gestion des incertitudes ;
- l'amélioration des procédures d'alerte précoce et de réaction rapide ;
- les innovations technologiques concernant la mesure, la transmission et l'analyse des paramètres pertinents (précurseurs, indicateurs de nocivité, etc.).

Le programme de l'Agence national de la recherche : «Villes durables»

La ville durable est un domaine de recherche encore peu exploité dans sa globalité par la recherche européenne (exemple du septième Programme-cadre pour la recherche et le développement technologiques), couvrant autant de thématiques et mobilisant autant de savoirs scientifiques. En favorisant l'émergence de consortiums de projets fortement pluridisciplinaires (même si dans les faits environ deux tiers des projets proposés maintiennent encore une logique fortement sectorisée), le programme «Villes durables» vise à rendre nos villes davantage compatibles avec le développement durable, en consolidant le corpus de connaissances, en élaborant de nouveaux outils aux praticiens (méthodologies d'aide à la décision et à l'évaluation...) et en aidant les entreprises qui modèlent le cadre de vie urbain (ingénieries, offreurs de services, concepteurs et gestionnaires d'infrastructures...) à mieux prendre en compte les trois dimensions du développement durable dans leur offre de services.

D'une durée de trois ans (2008-2010), le programme a financé en 2008 onze projets pour un montant total de 8,2 millions d'euros, dont 30 % accordés aux entreprises. L'approche de ce programme est fortement orientée vers la recherche systémique, ce qui permet d'appréhender dans leur globalité plusieurs dimensions et fonctions des villes (mobilité, habitat, risques, formes urbaines, activités économiques, métabolisme urbain...).

Au niveau européen, l'Urban-net tente de fédérer des agences finançant des programmes de recherche dans le champ urbain. Au niveau français, le Plan urbanisme construction architecture (PUCA) est membre de cet ERANET. L'ANR est sollicitée pour participer au futur appel à projets de l'Urban-net qui aura lieu fin 2009. Une ouverture du programme «Villes durables» pour cofinancer des projets soumis à cet appel à projets européen pourra être envisagée.

Le programme de l'Agence national de la recherche : «Contaminants, écosystèmes et santé»

Les vingt-quatre projets sélectionnés par l'appel à projets 2008 ont bénéficié d'une enveloppe totale de 11,2 millions d'euros, soit 450 000 euros par projet. Le cœur du programme ne concerne que marginalement le changement climatique. Toutefois, son objectif transversal étant de permettre une meilleure connaissance fondamentale sur les contaminants, sur leurs cycles dans les écosystèmes, il intègre une dimension de recherche sur les mécanismes causant des perturbations des déterminants environnementaux. Il doit s'envisager en relation avec le programme ANR «Changements environnementaux planétaires» ouvert en 2009 pour les aspects liés aux pathologies générées par les changements climatiques.

Le programme de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie : «Prospective et socio-économie»

Le budget consacré à ce programme sur la période 2007-2010 est de 4 millions d'euros. Le programme poursuit trois objectifs :

- l'amélioration de la connaissance sur les acteurs et leurs stratégies, en suivant les évolutions des opinions, des valeurs et des pratiques des Français et en analysant les jeux d'acteurs et les capacités de changement des consommateurs, des entreprises et des pouvoirs publics ;
- la poursuite du développement des connaissances dans les domaines de la conception, de l'analyse et de l'évaluation des outils des politiques publiques à caractère environnemental afin de les adapter au mieux aux évolutions institutionnelles, économiques, sociales et politiques ;
- la construction de visions prospectives macro-économiques, sectorielles, territoriales et technologiques, afin d'asseoir les politiques publiques et l'identification des thèmes de recherche prioritaires sur des visions partagées et cohérentes du long terme.

Les acteurs majeurs de la recherche et de l'observation du climat

L'**Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie** (ADEME) est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer ainsi que celui de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

L'**Agence nationale de la recherche** (ANR) est une agence publique de financement de projets de recherche. Son objectif est d'accroître le nombre de projets de recherche, venant de toute la communauté scientifique, financés après mise en concurrence et évaluation par les pairs.

Le **Bureau de recherches géologiques et minières** (BRGM) développe les connaissances des bilans géochimiques notamment au regard des systèmes souterrains.

Le **Commissariat à l'énergie atomique** (CEA), parallèlement à ses travaux sur l'énergie nucléaire, développe un important axe de recherches sur les nouvelles technologies de l'énergie (NTE).

Le **Centre d'étude du machinisme agricole, de génie rural, des eaux et des forêts** (CEMAGREF) est particulièrement impliqué dans l'analyse des pressions anthropiques sur les compartiments continentaux en interactions naturelles avec le climat comme les zones rurales, les hydrosystèmes de surface, les forêts.

Le **Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement** (CEREGE) est une Unité mixte de recherche ayant cinq tutelles : l'université Paul-Cézanne, le CNRS, l'Institut de recherche pour le développement, le Collège de France et l'université de Provence. Le CEREGE est une unité interdisciplinaire

qui développe des recherches dans les disciplines des sciences de la Terre et de l'environnement.

Le **Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique** (CERFACS) est un organisme de recherche qui vise à développer des méthodes de pointe pour la simulation numérique.

Le **Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement** (CIRAD) s'est impliqué dans l'évaluation des flux de gaz et du stockage du carbone dans les écosystèmes et agrosystèmes tropicaux.

Le **Centre national de recherche météorologique** (CNRM) assure l'essentiel des activités de recherche de Météo-France. Sa partie toulousaine est une unité de recherche du CNRS : Groupe d'étude de l'atmosphère météorologique (GAME).

Le **Centre national de la recherche scientifique** (CNRS) est un contributeur principal aux grands programmes conduits dans le cadre de l'**Institut des sciences de l'univers** (INSU) avec l'appui de l'**Institut Paul-Émile-Victor** (IPEV) s'infléchissant beaucoup sur les problématiques d'impacts du changement climatique (fréquence des phénomènes extrêmes, glaciologie, hydrologie, acidification des océans, systèmes biologiques, santé humaine...) et l'étude des risques et politiques publiques.

Le **Centre scientifique et technique du bâtiment** (CSTB) travaille les sujets de recherche sur les vulnérabilités du cadre bâti, notamment face aux événements extrêmes ainsi que les modifications du tissu urbain en relation avec le climat (confort, vents, températures extrêmes, précipitations et pollutions associées...).

Le **Fonds français pour l'environnement mondial** (FFEM) est un fonds public bilatéral qui a été créé en 1994 par le Gouvernement français à la suite du sommet de Rio. Il a pour objectif de favoriser la protection de l'environnement mondial dans des projets de développement durable dans les pays en développement et en transition. Il est un instrument de la politique française de coopération et de développement.

L'**Institut Français de la Biodiversité** (IFB) est un groupement d'intérêt scientifique (GIS), autrement dit une fédération d'institutions (dix-sept membres : ministères, organismes de recherche, ONG et associations professionnelles) unissant leurs efforts en vue de promouvoir la recherche scientifique en biodiversité. Il a pour objectif de coordonner, animer et faire connaître les recherches dans le domaine de la biodiversité, en réponse aux nombreuses sollicitations des chercheurs, des gestionnaires de milieux et de la société.

L'**Institut français pour l'exploitation de la mer** (IFREMER) est un contributeur important de la surveillance et de l'observation du compartiment marin, essentielles pour analyser sa réactivité dans les systèmes climatiques et le cycle du carbone.

L'**Institut national de l'environnement industriel et des risques** (INERIS) traite de l'évolution de certains risques liés au climat : stabilité des sols et du sous-sol, impacts sur la qualité de l'air (chroniques ou en crise de type canicule).

L'**Institut national de la recherche agronomique** (INRA) mène des travaux sur l'évaluation des gaz à effet de serre et des stocks de carbone en relation avec les sols,

les forêts et les écosystèmes naturels et au travers des modes culturels. Ces travaux abordent les analyses d'impacts du changement climatique.

L'**Institut national de la santé et de la recherche médicale** (INSERM) et l'**Institut Pasteur** conduisent des travaux sur les impacts sanitaires concernent les épidémiologies infectieuses, notamment tropicales, les vagues de froid et de chaleur, les expositions aux ultra-violets, les extensions allergiques.

L'**Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité** (INRETS) étudie les nouveaux modes de motorisations plus sobres en carbone adaptables aux transports terrestres (piles à combustibles, batteries, systèmes hybrides, nouveaux moteurs...).

L'**Institut de recherche pour le développement** (IRD) axe ses travaux sur des problématiques particulières aux pays du Sud. L'institut est de plus en plus appelé à jouer un rôle de fédérateur de programmes coopératifs.

Le **Laboratoire central des Ponts et Chaussées** (LCPC) est un acteur prépondérant dans les disciplines du génie civil et urbain. Ses travaux essentiels à l'adaptation aux changements climatiques concernent la conception des aménagements, le dimensionnement des ouvrages, la production et la tenue de leurs matériaux, la maîtrise des grands systèmes urbains et anthropisés au regard des phénomènes extrêmes, hydriques notamment.

Le **Laboratoire d'études en glaciologie et d'océanographie spatiale** (LEGOS) est un laboratoire mixte avec une quadruple tutelle : le CNES, le CNRS, l'IRD et l'université Paul-Sabatier. Il est un des sept laboratoires de l'Observatoire Midi-Pyrénées. Il regroupe environ cent personnes (dont quarante chercheurs, vingt ITA, trente thésards ou postdocs). Il est par ailleurs une structure d'accueil du SHOM (CMO-Toulouse), dépendant du service hydrographique et océanographique de la marine.

Le **Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement** (LGGE) est une unité mixte de recherche du CNRS. Il est spécialisé depuis 50 ans dans l'étude des glaces qu'elles soient arctiques, antarctiques ou alpines, sur le présent et sur les évolutions passées.

Le **Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement** (LSCE) est une Unité mixte de recherche (UMR 1572) entre le CNRS, le CEA et l'université de Versailles Saint-Quentin (UVSQ), localisé sur deux sites (Saclay et Gif-sur-Yvette). Avec 250 personnes dont 150 permanents, le LSCE fait partie de l'Institut Pierre-Simon-Laplace (IPSL).

Météo-France est l'opérateur principal des recherches météorologiques françaises. Sa discipline l'ouvre naturellement à mutualiser internationalement ses travaux, leurs données et leur valorisation. Une dimension toute particulière de ceux-ci consiste en la régionalisation des événements extrêmes (par exemple dans le cadre du programme de Nairobi) ainsi que la hiérarchisation des besoins de données au regard des vulnérabilités prévisionnelles.

ANNEXE VI. BIBLIOGRAPHIE

AUSTROADS, 2004, *Impact of climate change on road infrastructure*, dir. Norwell G., Austroad Sydney publication N° AP-R243/04, 148 p.

Birot Y., Peyron J.-L., (non daté), *Les écosystèmes forestiers européens face aux événements climatiques extrêmes*, note, 6 p.

Bœ J., 2007, *Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France*, thèse de l'université Toulouse 3, soutenue le 23 novembre 2007, 278 p.

Boiteux M., 2001, *Transports : choix des investissements et coûts des nuisances*, Paris, Commissariat général du Plan, 328 p.

Brission N. et Ttier B., 2009, *Résultats préliminaires du projet CLIMATOR sur le comportement hydrique à l'horizon 2035 de deux cultures emblématiques : blé pluvial et maïs irrigué en monocultures*.

California Natural Resources Agency, 2009, *California Climate Adaptation strategy – Public review draft*, Report to the Gouvernor of the State of California, august 3 2009, 161 p.

Centre d'analyse stratégique, 2009, *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique*, rapport de la commission présidée par Bernard Chevassus-au-Louis, 376 p.

Charles M., 2006, *Functions and socio-economic importance of coral reefs and lagoons and implication for sustainable management, Case study of Moorea*, French Polynesia, Report CRIOBE-EPHE Moorea, 147 p.

CIRE sud, DRASS PACA et DDASS du Gard, 2008, *Conséquences psychologiques des inondations à partir des bases de données de l'assurance-maladie, département du Gard de septembre 2002*, 23 p.

TEC- CREDOC, à paraître, *Météorologie, climat et déplacements touristiques*, étude cofinancée par la DGCIS-MEIE, la DIACT et le MEEDDM-CGDD.

DEFRA, 2006, *Quantify the costs of the hot summer of 2003*, in *Climate change impacts and adaptation: cross-regional research programme/project E.*, dir. Metroeconomica Ltd., 95 p.

Dubois G. et Ceron J.-P., 2006, *Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme*, rapport pour le compte du secrétariat d'État chargé du Tourisme, 131 p.

Ducharne A. et al., 2004, *Influence du changement climatique sur le fonctionnement hydrologique et biogéochimique du bassin de la Seine*, tech. rep., projet GICC-Seine, 61 p.

EDATER, Planète Publique, 2009, *Les effets du changement climatique en Languedoc-Roussillon*, préfecture de la région Languedoc-Roussillon, 143 p.

Garcia de Cortazar-Atauri I., 2006, *Adaptation du modèle STICS à la vigne (Vitis vinifera L.) : utilisation dans le cadre d'une étude du changement climatique à l'échelle de la France*, thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier, 347 p.

Haut Conseil de la santé publique, 2009, *Avis relatif aux risques pour la santé liés aux effets du changement climatique*, avis produit par la commission spécialisée maladies transmissibles, le 26 juin 2009.

Karl T.R. et al., 2009, *Global Climate Change Impacts in the United States*, US Global Change Research Programme, Cambridge University Press, 193 p.

MEDCIE, 2008, *Étude des effets du changement climatique sur le grand Sud-est*, AlternConsult, Ecofys, 134 p.

Mieckowski Z., 1985, « The Tourism Climatic Index : A Method of Evaluating World Climates for Tourism », *The Canadian Geographer*, XXIX (3) pp. 220-233.

Mission interministérielle CGAAER-CGEDD-IGA, 2009, *Rapport d'étape sur l'extension future des zones à risque élevé d'incendies de forêt en lien avec le changement climatique* par Chatry C., Creuchet B., Lafitte J.-J., Laurens D., Le Gallou J.-Y. et Le Quentrec M. avec la participation de Grelu J., mai 2009.

Moisselin, J.-M., Schneider M., Canellas C. et Mestre O., 2002, « Les changements climatiques en France au XX^e siècle », *La Météorologie*, août 2002, 38, pp. 45-56.

ONERC, 2005, *Un climat à la dérive comment s'adapter*, Paris, La Documentation française, 109 p.

ONERC, 2007, *Stratégie d'adaptation au changement climatique*, Paris, La Documentation française, 95 p.

ONERC/D4E, 2008, *Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France*, document d'étape, rapport du groupe de travail interministériel, Paris, juin 2008.

Parry M. et al., 2009, « Assessing the cost of adaptation to climate change: a review of the UNFCCC and other recent estimates », IIED & Grantham Institute for Climate Change, London, 111 p.

Radanne P., 2007, *La perception des enjeux et l'évolution des comportements face au changement climatique*, juin 2007.

Rosenzweig C. & Iglesias A., *Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply*, données disponibles en ligne : http://sedac.ciesin.columbia.edu/giss_crop_study/, [consulté le 2/11/2009].

Six C., Mantey K., Franke E., Pascal L. et Malfait P., 2008, *Études des conséquences psychologiques des inondations à partir des bases de données de l'Assurance maladie*, Institut de veille sanitaire, 23 p.

SOLVING-France, 2007, *Contributions des Parisiennes et des Parisiens pour lutter contre les dérèglements climatiques*, Livre blanc, mairie de Paris, 223 p.

Stern N., 2006, *The economics of climate change: the Stern review*, Cambridge University Press.

Swart R. et al., 2009, « Europe adapts to Climate Change: comparing national adaptation strategies », PEER Report N° 1, Helsinki, 280 p.

ANNEXE VII. SIGLES ET ACRONYMES

ADAGE	ADaptation au changement climatique de l'AGriculture et des Ecosystèmes anthropisés
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AEP	Alimentation en eau potable
AFPCN	Association française pour la prévention des catastrophes naturelles
ANR	Agence nationale de la recherche
CAS	Centre d'analyse stratégique
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique
CdP	Conférence des parties
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CGDD	Commissariat général au développement durable
CIREDD	Centre international de recherche sur l'environnement et le développement
CIRE	Cellule interrégionale d'épidémiologie
CO ₂	Dioxyde de carbone
COM	Collectivité d'outre-mer
CREDOC	Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
D4E	Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale
DCE	Directive cadre sur l'eau de l'Union européenne
DDASS	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
DGS	Direction générale de la santé
DOM	Département d'outre-mer
DRASS	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
GDF	Gaz de France
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HCSP	Haut Conseil de la santé publique
ICT	Indice climato-touristique
IFEN	Institut français de l'environnement
IFM	Indice forêt météo

InVS	Institut national de veille sanitaire
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IRD	Institut de recherche pour le développement
LCPC	Laboratoire central des Ponts et Chaussées
MDP	Mécanismes pour un développement propre
MEDCIE	Mission d'études et de développement des coopérations interrégionale et européenne
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat
MRN	Mission risques naturels
MSA	Mutualité sociale agricole
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
ONERC	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
PANA	Programme d'action national d'adaptation
PCET	Plan climat-énergie territorial
PEER	<i>Partnership for European Environmental Research</i>
PNC	Plan national canicule
PPRN	Plan de prévention des risques naturels
RGA	Retrait-gonflement des argiles
ROM	Région d'outre-mer
RTE	Réseau de transport d'électricité
SACS	Système d'alerte canicule et santé
SETRA	Service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements
SCEQE	Système d'échange de quotas d'émission de CO ₂ dans l'Union européenne
SNA	Stratégie nationale d'adaptation
SNRI	Stratégie nationale de recherche et d'innovation
SOeS	Service de l'observation et des statistiques
TCU	Transports en commun urbains
TEC	Tourisme, transports, territoires, environnement conseil
Tep	Tonne équivalent pétrole
UE	(INRA) Unité expérimentale
UKCIP	<i>United Kingdom Climate Impact Programme</i>
USD	<i>United States dollar</i>
ZRE	Zone de répartition des eaux

ANNEXE VIII. PERSONNES AYANT CONTRIBUÉ À L'ÉLABORATION DE CE RAPPORT

Ce document a été réalisé sous la direction de Pierre Franck Chevet, directeur de l'ONERC et Nicolas Bériot, secrétaire général

- *Auteurs*

Galliot Michel, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Monléon Maxime, département lutte contre l'effet de serre

Reyssset Bertrand, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Russo Lisa, Sogreah consultant

Vergès Paul, président de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

- *Personnes ayant contribué à la relecture*

Armand Ludovic, département de lutte contre l'effet de serre

Bourcier Vincent, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Bourrelier Paul-Henri, Association française pour la prévention des catastrophes naturelles

Clerc Pierre-François, Délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires

Crola Jean-François, ministère de l'Économie de l'Industrie et de l'Emploi

Delavière Monique, Direction générale de la santé

Delalande Daniel, département de lutte contre l'effet de serre

De-Smedt Sylvie, Direction générale de la prévention des risques

Fevrier Élvyne, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Hallegatte Stephane, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement

Kovarik Jean-Bernard, Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer

Le Quentrec Michel, conseil général de l'environnement et du développement durable

Lerat Jean-François, conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux

Loquet Maryline, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche

Millard Frédérique, département de lutte contre l'effet de serre

Million Aurélien, département de lutte contre l'effet de serre

Nuzzo Vanessa, Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

Omarjee Younous, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Peinturier Cédric, Commissariat général au développement durable

Salagnac Jean-Luc, Centre scientifique et technique du bâtiment

Crédit photographique

- Page 21 : © MEEDDM, Laurent Mignaux
Page 29 : © MEEDDM, Laurent Mignaux
Page 37 : © Météo-France, DIRSO
Page 45 : © ONERC, Michel Galliot
Page 53 : © MEEDDM, Laurent Mignaux
Page 61 : © Météo-France, Pascal Taburet
Page 69 : © MEEDDM, Arnaud Bouissou
Page 77 : © EDF Médiathèque, Laurent Baratier
Page 85 : © Météo-France, Pascal Taburet
Page 93 : © ONERC, Michel Galliot
Page 101 : © Météo-France, Laurence Lombardo