



EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN FRANCE

Rapport de la deuxième phase

Septembre 2009

Avant-propos

En mars 2007, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a constitué un groupe interministériel dénommé « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », engageant un chantier d'évaluation des dommages et des mesures permettant de limiter le coût des impacts.

L'objectif du Groupe interministériel était de fournir les premiers éléments d'une évaluation sectorielle des coûts des impacts et de l'adaptation. Dix groupes thématiques pilotés par les Ministères et administrations concernés - santé, agriculture, forêt, eau, infrastructures de transport et cadre bâti, énergie, tourisme, risques naturels et assurances, biodiversité, territoires - ont ainsi été créés et chargés de ces évaluations. Ces groupes ont associé des experts et des spécialistes issus de la recherche, de l'administration et de la sphère privée.

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

- **la première phase**¹, 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, même non exhaustifs, pourront être mobilisés et approfondis pour des exercices futurs en particulier dans la perspective du Plan National d'Adaptation au changement climatique attendu à l'horizon 2011 et annoncé par la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement.

Le rapport de la deuxième phase du Groupe interministériel ici présenté, comporte un rapport de synthèse (Partie I) et des chapitres détaillés rédigés par les groupes thématiques (Parties II et III).

Dans le rapport de synthèse, sont présentés les enjeux des travaux engagés, en les replaçant dans les contextes national, européen et international relatifs à l'adaptation. Le cadre méthodologique commun aux groupes est décrit, ainsi que les outils mis à leur disposition pour l'évaluation. On présente ensuite un récapitulatif et une synthèse des résultats des groupes thématiques. Finalement, des pistes de recherche et les perspectives identifiées par les groupes thématiques sont proposées afin de poursuivre et d'affiner l'analyse.

En tout état de cause, le travail réalisé doit être considéré comme une première 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.

¹ Groupe de travail interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France » (2008), Document d'étape, Paris, juin 2008. Rapport complet disponible sur le site web de l'ONERC : <http://www.onerc.gouv.fr>

Remerciements

La Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) et l'ONERC, co-présidents de la deuxième phase des travaux du Groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », remercient tout particulièrement les pilotes et rapporteurs des groupes thématiques (Commissariat Général au Développement Durable, Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux, Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité des Territoires, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer, Direction Générale de la Prévention des Risques, Direction Générale des Politiques Agricoles, Agroalimentaires et des Territoires, Direction Générale de la Santé, ADEME et Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et les membres des groupes de travail des secteurs publics et privés pour leur participation active et leurs contributions au rapport, ainsi que le CIRED pour son appui dans cette deuxième phase d'évaluation. Au sein de la DGEC, le travail a été animé par le Département de Lutte Contre l'Effet de Serre (sous-direction du Climat et de la Qualité de l'Air).

La publication de ce rapport vise à favoriser une prise de conscience des enjeux sectoriels, transversaux et territoriaux du changement climatique et des impacts quantitatifs associés.

Ce rapport a bénéficié des contributions de plus d'une centaine d'experts des secteurs publics et privés dont la liste est consignée en annexe.

Le rapport et ses annexes sont disponibles en ligne sur le site w de l'ONERC :
www.onerc.gouv.fr

Le bureau d'études Sogreah Consultants a fourni un support méthodologique aux groupes thématiques et plénier. Il a été chargé de l'harmonisation des travaux des groupes thématiques en vue de leur intégration au présent rapport, ainsi que de la synthèse des contributions.



Table des matières

Résumé pour décideurs	7
Partie I : Rapport de synthèse	29
I Contexte et enjeux des travaux engagés	30
I.1 La réalité du changement climatique	30
I.1.1 Les observations actuelles sur l'évolution du climat.....	30
I.1.1.1 A l'échelle mondiale	30
I.1.1.2 En France	31
I.1.2 Le climat futur	33
I.1.2.1 A l'échelle mondiale	33
I.1.2.2 En France	36
I.1.3 Une cascade d'incertitudes.....	36
I.1.4 Les impacts du changement climatique au niveau mondial.....	38
I.2 Adaptation au changement climatique : concepts et définitions	40
I.2.1 Le concept d'adaptation.....	40
I.2.2 Une synergie à trouver entre différents types d'adaptation	42
I.2.3 Liens entre adaptation et atténuation	44
I.2.3.1 Deux approches complémentaires	44
I.2.3.2 Deux problématiques différentes.....	44
I.2.3.3 Conflits et synergies.....	45
I.2.4 Le concept de mal-adaptation.....	45
I.2.5 La prise de décision en univers incertain	46
I.2.6 La question des coûts.....	47
I.3 L'adaptation dans le contexte international, européen, national	49
I.3.1 Contexte international.....	49
I.3.2 Contexte européen	50
I.3.2.1 L'action de l'Union Européenne	50
I.3.2.2 Les initiatives des Etats Membres	53
I.3.3 Contexte national	55
I.4 Objectifs et organisation du Groupe interministériel	56
I.4.1 Intérêt et objectifs.....	56
I.4.2 Organisation des travaux.....	57

II	Méthodologie	60
II.1.1	Hypothèses de travail transversales	60
II.1.1.1	Cadrage général : une évaluation désagrégée	60
II.1.1.2	Le périmètre considéré	60
II.1.1.3	Les horizons retenus	60
II.1.1.4	Scénario socioéconomique	61
II.1.1.5	Scénarios climatiques	62
II.1.1.6	Modalités de prise en compte de l'adaptation	62
II.2	Outils méthodologiques	63
II.2.1	Le modèle Arpège Climat et les simulations climatiques correspondantes	63
II.2.1.1	Présentation du modèle	63
II.2.1.2	Simulations climatiques correspondantes	63
II.2.1.3	La prise en compte de l'élévation du niveau de la mer	65
II.2.2	L'outil bibliographique CIRED	65
II.2.3	La méthodologie de dénombrement des canicules	66
II.2.3.1	Contexte	66
II.2.3.2	Choix d'une méthode commune de dénombrement	66
II.2.3.3	Résultats : dénombrement des canicules adopté dans le rapport	67
III	Résultats et recommandations	69
III.1	Récapitulatif des résultats	69
III.1.1	Une analyse non exhaustive	69
III.1.2	Méthodes employées et résultats	72
III.2	Eléments d'analyse	76
III.2.1	Analyse d'ensemble	76
III.2.2	Résultats clés des groupes thématiques	78
III.2.3	Pistes d'adaptation identifiées	82
III.3	Difficultés rencontrées	90
III.4	La question centrale des interactions sectorielles	92
III.4.1	La mise en évidence des interactions sectorielles	92
III.4.2	Mode de gestion et perspectives	95
IV	Perspectives	98
IV.1	Les champs thématiques à approfondir en priorité	98

IV.2	Besoins de recherche / suivi / connaissances identifiés.....	98
IV.3	Les études complémentaires à mener par secteur	101
V	Conclusion de la partie	108



EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN FRANCE
Rapport de la deuxième phase

Résumé pour décideurs

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité et ses conséquences auront un impact significatif sur notre environnement et nos modes de vie à moyen terme. Le Grenelle de l'Environnement recommande de les anticiper dès aujourd'hui afin de minimiser les impacts socio-économiques afférents et 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.

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

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

- **la première phase**², 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.

Le Groupe interministériel est composé en deuxième phase d'un groupe plénier, présidé par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC/MEEDDM) et l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC), et de dix groupes thématiques pilotés par les Ministères et directions concernés :

- **Groupe Santé** – piloté par la Direction Générale de la Santé (Ministère de la Santé et des Sports) ;
- **Groupe Agriculture** – piloté par la Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires (Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, MAAP) ;
- **Groupe Forêt** - piloté par la Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires (MAAP) ;
- **Groupe Eau** – piloté par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (MEEDDM) et présidé par des membres du CGAAER et du CGEDD ;
- **Groupe Infrastructures de transports et cadre bâti** – co-piloté par le Commissariat Général au Développement Durable (MEEDDM) et par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment ;
- **Groupe Energie** – piloté par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (MEEDDM) ;
- **Groupe Tourisme** – les travaux se sont appuyés sur une étude spécifique du CIREC et de Sogreah, et sur la contribution de la Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services (Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi) ;

² Groupe de travail interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France » (2008), Document d'étape, Paris, juin 2008. Rapport complet disponible sur le site web de l'ONERC : <http://www.onerc.gouv.fr>

- **Groupe Risques naturels et assurance** – piloté par la Direction Générale de la Prévention des Risques (MEEDDM) ;
- **Groupe Territoires** – piloté par la Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité des Territoires (DIACT / Ministère de l'espace rural et de l'aménagement du territoire), rapporteur ADEME ;
- **Groupe Biodiversité** – piloté par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (MEEDDM) et présidé par des membres du CGAAER.

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'entreprises, d'associations et de scientifiques. 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 des travaux d'approfondissement.**

Cadrement méthodologique

Le parti-pris a été de produire **des évaluations sectorielles** aux horizons **2030, 2050 et 2100, sans volonté d'agrégation des résultats**. A ce stade, les travaux thématiques ne visaient pas l'exhaustivité : certains impacts ont été évalués de manière quantitative, d'autres uniquement de manière qualitative, et certains enfin sont seulement identifiés et demanderont des études complémentaires.

Les travaux d'évaluation des coûts des impacts ont, entre autres, bénéficié de l'expertise et de l'appui méthodologique du Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED).

Pour des raisons de faisabilité et de pragmatisme, et afin d'assurer une cohérence entre les rapports sectoriels, les éléments suivants ont été exclus du champ global de l'étude (mais certains ont pu être étudiés au cas par cas lorsque les groupes thématiques l'ont jugé pertinent) :

- les impacts sur les **DOM-COM et la Nouvelle-Calédonie** ;
- les impacts de **propagation spatiale**, notamment les impacts venant de l'extérieur des frontières nationales, bien qu'ils soient susceptibles de représenter des enjeux majeurs ;
- la prise en compte des **mesures d'atténuation**.

Le groupe a choisi de travailler à partir des **scénarios A2 et B2 du GIEC**, le premier étant plutôt pessimiste et le second optimiste. Le changement de climat sur la France est tiré des simulations réalisées par le CNRM/Météo-France, avec le modèle Arpège-Climat, qui se situe dans la moyenne des modèles climatiques du GIEC en terme de réchauffement. La montée du niveau de la mer a été supposée égale à 1 mètre à l'horizon 2100, ce qui se situe clairement vers la borne maximale des projections.

L'usage de ces scénarios et de ces simulations implique que les scénarios les plus pessimistes n'ont pas été abordés, comme ceux qui résulteraient d'une accélération du réchauffement lié au cycle du carbone ou d'une accélération de la montée du niveau de la mer en raison d'une déglaciation plus rapide que prévue du Groenland.

En l'absence d'une prospective socio-économique de long-terme régionalisée et par secteur sur la France, le groupe interministériel a décidé de travailler en conservant la situation socio-économique française actuelle (scénario dit à

« économie constante »), choix méthodologique opéré lors de la première phase des travaux. Ce choix permet d'isoler l'impact du changement climatique de celui d'autres évolutions et de ne pas ajouter des incertitudes macroéconomiques aux incertitudes d'ordre climatique. Il demeure néanmoins restrictif et limitant pour certains secteurs où une évolution socioéconomique est d'ores et déjà anticipée ou pour lesquels ces évolutions constituent un facteur déterminant de la vulnérabilité au changement climatique. Plusieurs groupes thématiques ont toutefois complété les travaux à économie constante par des évaluations complémentaires relâchant cette hypothèse.

Pour l'estimation des coûts du changement climatique, deux évaluations de l'adaptation sont privilégiées.

- La première considère exclusivement **l'adaptation spontanée**, en l'absence de politiques publiques d'adaptation. Elle correspond à une adaptation réalisée par les acteurs socio-économiques de manière indépendante (sans intervention publique en référence au changement climatique) ;
- La deuxième prend en compte **les grandes options d'adaptation** pouvant être **planifiées**, *i.e.* une adaptation anticipée et organisée en lien avec la décision publique, susceptibles d'**entrer dans le cadre d'un plan d'adaptation**. Le caractère public/privé des acteurs à l'origine des mesures est donc ici déterminant. Néanmoins, une mesure mise en œuvre par un acteur privé peut être considérée comme de l'adaptation planifiée si elle est impulsée par un acteur public.

Afin de prendre en compte l'incertitude sur le rythme et l'ampleur du changement climatique et pour éviter le risque de mal-adaptation, il a été décidé de privilégier les mesures **d'adaptation sans regret**, c'est-à-dire qui permettent de réduire la vulnérabilité au changement climatique et qui demeurent bénéfiques quelle que soit l'évolution du climat.

A ce stade, compte tenu des connaissances actuelles et des moyens disponibles, **l'adaptation, tant spontanée que planifiée, n'a pas pu être prise en compte ni quantifiée systématiquement dans les évaluations thématiques, même si certaines mesures ont été évaluées**. Cet aspect devra être considéré en priorité pour des travaux d'approfondissement.

Périmètre et résultats des travaux thématiques

Un nombre restreint de secteurs a été étudié et, pour chacun d'eux, l'analyse a porté sur une sélection d'impacts du changement climatique. Quelques points-clés des rapports thématiques sont présentés ci-après. Les valeurs estimées doivent être considérées comme des **ordres de grandeur** en raison des limites des méthodes et de la non-exhaustivité des évaluations. Un **tableau récapitulatif des évaluations quantitatives réalisées est présenté dans la suite de ce chapitre**.

Ressource en eau

En considérant une stabilité de la demande, un déficit de **2 milliards de m³ par an** pour la satisfaction des besoins actuels de l'industrie, de l'agriculture (irrigation) et de l'alimentation en eau potable serait observé à l'**horizon 2050** (soit 14% du prélèvement actuel de ces secteurs mais moins de 2% du total des écoulements annuels moyens sur le territoire national). Les projections indiquent que les zones les plus touchées seraient celles déjà concernées aujourd'hui par des déficits structurels (par exemple le Grand Sud Ouest). La compensation du déficit potentiel de ressource en eau à 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 : les réponses appelleront des mécanismes de solidarité géographique. Par ailleurs le changement climatique n'est qu'un aspect des changements globaux qui impliquent des adaptations du monde de l'eau : de ce point de vue, les stratégies engagées à ce jour comme celle qui découle de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), qui sont sans regret, pourraient représenter des dépenses très importantes.

Secteur agricole

Les modèles de croissance des grandes cultures projettent une hausse de rendement en réponse au changement climatique, mais sans compter les effets des **événements extrêmes**, des **variabilités inter annuelles**, des **risques sanitaires** et de la **baisse de disponibilité en eau** (une évaluation des besoins est fournie dans le rapport « ressources 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. A 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 mesures d'adaptation. D'autre part, les gains potentiels disparaissent pour les réchauffements les plus importants, c'est-à-dire à partir de la fin du siècle dans les scénarios fortement émetteurs (par exemple, des pertes pour le blé pourraient apparaître à partir de 2100 dans le scénario A2). La **viticulture** sera également affectée par le changement climatique avec de fortes disparités territoriales. Des baisses de rendement seraient attendues dans certaines régions (notamment en Languedoc) et une hausse dans d'autres (notamment en Bourgogne), mais avec des **effets potentiellement négatifs sur la qualité et la typicité des vins**. Dans le cas des **prairies**, l'exercice réalisé pour la **zone périméditerranéenne**, amène à un coût de compensation des pertes de rendements de **200 millions d'euros par an** sur la seconde moitié du XXI^{ème} 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 termes 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. Seulement, sur cette même période, les **gains de productivité escomptés pourraient être 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 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 ».

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, glissements de terrain, etc.). A titre d'exemple, à urbanisation constante, les dommages moyens annuels aux logements générés par le risque de **retrait-gonflement des sols argileux** pourraient dépasser **un milliard d'euros par an en 2100 (contre environ 200 millions d'euros par an aujourd'hui)** à l'échelle de la France, comme **conséquence de l'augmentation de la fréquence des canicules**. Ce coût pourrait être multiplié par un facteur 4 à 5 si l'on prolonge les tendances actuelles de l'urbanisation dans les zones à risques, c'est-à-dire en l'absence de politique spécifique de réduction de ce risque. En l'absence d'adaptation, le recul de la côte, par érosion ou submersion marine, en conséquence du changement climatique (remontée du niveau de la mer), devrait concerner *in fine* plusieurs centaines de milliers de personnes et la destruction des logements pourrait coûter **plusieurs dizaines de milliards d'euros à l'échelle du siècle, pour la seule région Languedoc-Roussillon**. Le **coût des dommages liés aux inondations par débordement de cours d'eau** pourrait également augmenter sur **certains bassins**, avec des incertitudes importantes qui demeurent. Une évaluation à l'échelle nationale serait, à ce stade, hasardeuse en raison de la difficulté de traiter et d'agréger les coûts relatifs à l'ensemble des bassins, y compris les petits bassins sur lesquels l'impact pourrait être élevé. Quant au coût relatif aux **aléas gravitaires**, il n'a pas été évalué du fait d'un grand besoin de connaissances préalables nécessaires à la réalisation d'une telle évaluation. 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.

Energie

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 Mtep/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. Le changement de saisonnalité de la consommation énergétique (de l'hiver vers l'été) et du type d'énergie concerné (en particulier plus d'électricité pour la climatisation) implique une anticipation de ces effets (gestion des **pics de demande en période chaude**). Ceci est d'autant plus vrai qu'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 hydroélectriques**, pour lesquelles l'eau constitue la « matière première », et à des **pertes de rendement** des infrastructures de production et de transport de l'énergie en période chaude.

Santé

Le secteur de la santé fait traditionnellement référence aux dépenses d'assurance maladie et le travail d'évaluation économique, c'est-à-dire de l'évaluation du coût global d'un ou des effets sur la santé, n'est guère pratiqué. Si certaines implications du

changement climatique pourraient s'avérer bénéfiques, comme la baisse de la mortalité due au froid durant les hivers plus doux, la plupart des changements auraient des conséquences néfastes. L'exercice d'évaluation économique est délicat compte tenu des nombreuses sources d'incertitudes à prendre en compte : projections climatiques, impacts sur la santé estimés aux différentes échelles de temps, évolution de la société. Le travail a porté sur l'impact de deux événements extrêmes majeurs déjà rencontrés (canicule de 2003 et inondations du Gard en 2002) car, d'une part, ils correspondent à des types d'évènements pouvant survenir plus fréquemment avec le changement climatique et, d'autre part, la Direction générale de la santé dispose de certaines données épidémiologiques nécessaires à l'évaluation. L'impact du changement climatique et de toutes ses conséquences (par exemple, sur les maladies à vecteurs ou la pollution locale urbaine) est impossible à évaluer aujourd'hui. La mesure de l'impact de la canicule a pris en compte les coûts directs et les coûts évités pour l'assurance maladie concernant les personnes âgées de 70 ans et plus, 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 (-10M€ à + 280 M€ selon les hypothèses retenues), le coût global pour la société dans son ensemble est néanmoins considérable. On estimerait la valeur perdue par notre société du fait des décès prématurés causés par la **canicule 2003** à un peu **plus de 500 millions d'euros**. Les coûts intangibles n'ont pas pu être estimés. 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 pour laquelle il disposait d'une étude de l'Institut National de Veille Sanitaire. Concernant **les inondations du Gard**, le coût de la prise en charge des personnes présentant des troubles psychologiques (par les professionnels libéraux) a été estimé à environ **234 000 euros (pour 953 personnes)** la première année. Il s'agit d'une estimation basse, puisqu'elle ne porte ni sur le long terme, ni sur les coûts indirects et intangibles. La santé est au carrefour des interactions sectorielles et le transfert de vulnérabilité sur la santé suite à des mesures d'atténuation prises ou d'adaptation projetées mérite une attention particulière. Sous réserve de développer l'évaluation économique, le coût « global » pour la santé de certains effets néfastes pourrait être utilisé comme indicateur par les décideurs.

Tourisme

Les résultats fournis par une étude du CIRED et de Sogreah à la demande du Groupe interministériel, basés 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 le confort maximal des touristes. Cette dégradation est moins marquée dans la moitié Nord de la France (Côte Nord-Ouest particulièrement), ainsi que dans certains départements de montagne (dans les Alpes notamment). A l'horizon 2100, un impact significatif sur le chiffre d'affaires estival est à attendre, en raison d'une évolution à la baisse de l'attractivité touristique quasi généralisée à l'exception du Nord-Ouest 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 et cadre bâti

Le changement climatique prévu pourrait rendre nécessaires des adaptations des **infrastructures routières**. Si la canicule de 2003 n'a pas semblé engendrer de désordres généralisés mettant en cause la pérennité des structures de chaussée ni des ouvrages d'art, en revanche les effets dus à une intensité thermique supérieure et ceux dus aux périodes répétitives de canicule ne sont pas appréciés à ce jour. Les effets indirects au niveau des fondations et assises n'ont pas été évalués (aléa géologique, sécheresse, variation du niveau des nappes phréatiques). 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 le réseau routier national métropolitain (hors autoroutes concédées et autres voiries), de **2 milliards d'euros**. Ce montant s'entend 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). Les conséquences en termes de pertes d'usage n'ont pas été évaluées : elles varient selon les mesures d'adaptation et de gestion de crise qui seront mises en place. Pour des raisons de disponibilité de données, les infrastructures portuaires, ferrées et fluviales et les systèmes de transport en commun, n'ont pas été étudiés.

Les réflexions sur le cadre bâti ont été significativement développées dans le rapport intermédiaire puis réparties au sein d'autres groupes (risques naturels et assurance, énergie, tourisme, territoire) dès lors qu'il s'est agi d'approcher le coût des impacts et des mesures d'adaptation.

Biodiversité

Des signes de modifications de la biodiversité terrestre, aquatique et marine, 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, à laquelle s'ajoute l'acidification des eaux en domaine marin. Protéger les espèces et les écosystèmes impose de réduire **les pressions** qui diminuent leur résilience : fragmentation des milieux naturels, artificialisation des sols, etc. Le groupe insiste sur le rôle des **effets indirects à moyen terme**, qui pourraient être au moins aussi importants (par exemple, la reconstruction des infrastructures littorales sur les espaces naturels en arrière des côtes). Il est donc essentiel d'analyser systématiquement 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. L'évaluation des services rendus par la biodiversité pour certains types d'occupation du territoire les estime à 900€/ha/an pour les forêts et 300€/ha/an pour les prairies, dans un récent rapport du Centre d'Analyse Stratégique, ce qui permet de cerner les enjeux économiques. Des impacts négatifs sont révélés par cette approche, appliquée aux écosystèmes coralliens et aux services non-marchands fournis par la forêt. Plus globalement, **des pertes économiques significatives liées à la diminution voire la disparition de services de production (forêts de hêtre du Sud et de l'Ouest par exemple) et de régulation** (tels que le stockage du carbone, la prévention des crues et des inondations, la régulation de l'érosion) sont à envisager à des niveaux accrus à la fin du siècle. L'Outre-mer est particulièrement fragile du fait des impacts sur les récifs coralliens, les forêts tropicales et les nombreuses espèces endémiques. Grâce à une gouvernance des politiques d'adaptation conduites à des échelles spatiales pertinentes avec le plus grand nombre d'acteurs et à une politique intégrée pour favoriser les approches transversales et systémiques, ces pertes pourront être limitées. Enfin, la **préservation**

d'écosystèmes naturels choisis peut constituer une action d'adaptation en tant que telle pour un maximum d'espèces et de milieux.

Territoires

Ce groupe s'est spécifiquement penché sur la question de l'échelle d'analyse pertinente. Il a par ailleurs axé ses travaux sur les interactions sectorielles à l'échelle des territoires et la notion de **transition vers le changement**. Il a 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. A 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.

Eléments 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 avantages 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 en cas d'adaptation insuffisante**.

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 par exemple de l'énergie, où le développement spontané de la climatisation 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 et de dégager des stratégies gagnant-gagnant.

Par ailleurs, **les impacts du changement climatique ne seront 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 socioéconomiques territoriales susceptibles d'influencer la vulnérabilité des systèmes ;

- d'un point de vue **individuel**, les acteurs et les professions 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 doit 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

Les travaux se sont principalement concentrés sur les impacts du changement climatique et l'identification de mesures d'adaptation n'a pas été systématique ni exhaustive. Néanmoins, quelques pistes d'adaptation ont été recensées ou proposées par les différents groupes de travail. Ces options ne sont pas des recommandations mais **sont plutôt à considérer comme 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 par les groupes :

- Transversal : organiser une mise à disposition des résultats des modèles climatiques - notamment les désagréments au niveau local - et des études d'impacts ; améliorer l'observation et le suivi du changement climatique aux échelles globales et locales ; améliorer les modèles climatiques, notamment régionaux.
- Eau : mettre en place des systèmes agricoles alternatifs plus robustes et moins exigeants en ressource en eau, des ouvrages de régulation des eaux, de systèmes alternatifs (dessalement, réutilisation eaux usées, etc.) et des campagnes de promotion des économies d'eau ;
- Risques naturels : prendre en compte le changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification ;
- Biodiversité : 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 co-bénéfices ;
- Santé : intégrer la connaissance des risques sanitaires d'origine climatique aux formations initiales et continues des professionnels de santé ;
- Agriculture : diversifier les systèmes de culture, permettant de combiner « esquivé », « évitement » et « tolérance » ;
- Energie : faciliter le développement d'un cadre bâti et d'un urbanisme réduisant la demande d'énergie, notamment celle de climatisation ; adapter les modes de production à la variation de la demande et des conditions de production (eau, température) ;

- Tourisme : développer un « tourisme des quatre saisons », pour réduire la dépendance par rapport à la neige et prévenir l'effet négatif de trop fortes températures estivales.

Pour plus de détails, le lecteur pourra **se reporter au tableau final de ce chapitre** et aux rapports des groupes thématiques.

Perspectives

Pour des raisons de faisabilité et de disponibilité des données, certains thèmes n'ont pas pu être traités. Ces choix ne préjugent pas de l'importance des impacts du changement climatique sur ces secteurs, qui devront faire l'objet d'une attention particulière dans des étapes d'approfondissement :

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

L'intégration de **l'Outre-mer** dans l'évaluation des impacts et des mesures d'adaptation est une priorité majeure identifiée par le Groupe interministériel. La problématique du changement climatique y est différente de celle de la France métropolitaine et implique dès à présent des travaux permettant d'améliorer la connaissance de l'évolution des paramètres climatiques et de leurs conséquences dans ces zones.

Le travail réalisé par les groupes thématiques a par ailleurs permis d'identifier un certain nombre de **besoins transversaux de connaissances et d'observations**, afin d'avancer dans la compréhension des impacts économiques du changement climatique :

- Améliorer les **connaissances** des 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 évolutions des régimes d'insolation et de vent ;
 - la modification des caractéristiques physico-chimiques des habitats marins.
- Améliorer la **caractérisation** de certains aléas – les sécheresses ou les canicules par exemple – en terme 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 la 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 (tant spontanée que planifiée)**, 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 ;
- Identifier les impacts **hors de nos frontières** qui pourraient avoir des effets secondaires forts ;
- Lancer une réflexion globale et un effort d'anticipation sur les questions de **disponibilité et d'usages de l'eau** en contexte de changement climatique.

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

Les travaux de ce groupe interministériel s'inscrivent dans les engagements du Plan Climat. Leurs résultats, même non exhaustifs, pourront être mobilisés et approfondis pour des exercices futurs en particulier dans la perspective du Plan National d'Adaptation au changement climatique attendue à l'horizon 2011 et annoncée par la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement.

Récapitulatif des évaluations quantitatives réalisées

Tableau 1 – Coûts (en termes monétaires, ou impacts « physiques ») appliqués aux différents impacts élémentaires identifiés (Note : en raison des nombreuses limites et incertitudes, il est indispensable de se reporter aux rapports des groupes thématiques 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**)

Secteur/impact	Adaptation	2030 / CT		2050 / Moyen terme		2100 / Long terme	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agriculture							
Impacts sur le Maïs (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes)	Spontanée	-13 à +77M€/an	-30 à +85M€/an	-14 à +68M€/an	-3 à +71M€/an	-439 à +65M€/an	-68 à +30M€/an
Impacts sur le Blé (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes)	Spontanée	+47 à +84M€/an	+34 à +82M€/an	+67 à +102M€/an	+58 à +89M€/an	-13 à +147M€/an	+70 à +111M€/an
Impacts sur le Maïs des canicules	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-120 à -192M€/an	-68 à -94M€/an
Impacts sur le Blé des canicules	Sans adaptation	-	-	-	-	-209 à -334M€/an	-118 à -163M€/an
Impacts sur la viticulture en Languedoc	Sans adaptation	-	-	-	-	-26 à -12% de rdt ³ /an	-18 à -6% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Languedoc	Spontanée	-	-	-	-	-3 à +30% de rdt/an	+11 à +46% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Bourgogne	Sans adaptation	-	-	-	-	+35,2% de rdt/an	+41,7% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Bourgogne	Spontanée	-	-	-	-	+53,7% de rdt/an	+41,7% de rdt/an
Impacts sur les prairies dans l'arc périméd.	Spontanée	-	-	-250 à -200M€/an			
Forêt							
Impact sur la croissance des forêts (et donc la productivité) (volumes) – sans tenir compte du risque incendie	Sans adaptation	+3,2Mds€ (cumulé), soit environ 150M€/an sur 22 ans			+6,2Mds€ (cumulé), soit environ 150M€/an sur 42 ans	Impact clairement négatif, mais non chiffré à ce stade.	
Impact des extrêmes sur la santé des forêts (et donc la productivité) : dépérissements etc. – sans tenir compte du risque incendie	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	
Energie							
Impact sur la consommation ⁴ d'électricité	Sans adaptation	-0,6Mtep/an	-0,8Mtep	-0,8Mtep	-0,7Mtep/an	-1,5Mtep/an	-1,2Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ d'électricité	Spontanée (clim)			+0,5Mtep/an	+0,5Mtep/an	+1Mtep/an	+1Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ de gaz naturel	Sans adaptation	-1,7 à -1,3Mtep/an	-2,4 à -1,8Mtep/an	-2,5 à -1,9Mtep : an	-2,1 à -1,6Mtep/an	-5 à -3,9 Mtep/an	-3,9 à -2,5Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ de fioul	Sans adaptation	-0,5Mtep/an	-0,6Mtep/an	-0,7Mtep/an	-0,7Mtep/an	-1,5Mtep/an	-0,8Mtep/an
Impact sur la consommation d'essence dans les VP	Sans adaptation	+0,1Mtep/an	-0 Mtep/an	+0,3Mtep/an	+0,3Mtep/an	+0,8Mtep/an	+0,6Mtep/an
Impact sur la consommation d'essence dans les VP	Spontanée (clim)	+0,5Mtep/an	+0,4Mtep/an	+0,7Mtep/an	+0,7Mtep/an	+1,2Mtep/an	+1Mtep/an
Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité – canicule	Sans adaptation	-0,1 Mtep/an	0 Mtep/an	-0,1 Mtep/an	-0,1 Mtep/an	-0,2 Mtep/an	- 0,4 à - 0,3 Mtep/an
Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité - débits	Sans adaptation			-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an
Santé							
Coût de la canicule 2003 pour l'assurance maladie	NA			-280M€ à +10M€			
Coût 'humain' de la canicule (années de vie perdue)				-500 M€ en 2003			
Coût de l'inondation du Gard, 2002–prise en charge psychologique en secteur libéral hors long terme	NA			- 234 K€ en 2002 pour 953 personnes			

³ Rdt = rendement. La traduction du lien 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.

⁴ Pour chauffage et refroidissement, dans le résidentiel tertiaire

Secteur/impact	Adaptation	2030 / CT		2050 / Moyen terme		2100 / Long terme	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Tourisme Chiffre d'affaire estival soumis à une baisse d'attractivité climatique significative	Sans adaptation					15 à 19 Mds€/an	(A1B) 10 à 18 Mds€/an
Infrastructures <u>Réseau routier national métropolitain non concédé</u> Impact des canicules de type 2003 Impacts des submersions marines (surélévation globale de 1 mètre du niveau de la mer) <u>Impacts du CC sur les infrastructures et systèmes de transport ferroviaires, fluviaux, portuaires, autres réseaux routiers, transports en commun urbains</u>	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-70 à +9M€/an ⁵ -2Mds€ ⁶	
Impacts non étudiés au cours de cette phase							
Risques naturels Impacts des inondations sur 5 Bassins versants	Sans adaptation					Voir rapport du groupe.	
Impact des canicules sur le Réglem. Gen. d'Assain. Impact des risques côtiers en Languedoc	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-1080M€/an	-480M€/an
						-15 à 35 Mds € (cumulé)	
Biodiversité Coût de la disparition des écosystèmes coralliens (fonctions de régulation) Coût des pertes de services de la forêt : fixation de carbone	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-6,5 Mds de \$	
						-589M€/an	-304M€/an
Eau Déficit en Eau pour satisfaire les besoins actuels en Eau potable, industrie et irrigation	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	2 Mds m ³ /an de déficit		Négatif mais non chiffré	

⁵ 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...

⁶ Chiffrage obtenu par appréciation forfaitaire de la valeur patrimoniale du linéaire de routes considéré en 1^{ère} approche comme exposées, hors ouvrages singuliers, hors pertes d'usage et impacts sur l'exploitation des réseaux routiers (non chiffrés)

Récapitulatif des pistes d'adaptations identifiées

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. Pour une description plus détaillée de ces mesures, le lecteur est invité à se reporter aux rapports des groupes thématiques.

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
Général	
<i>Observations</i>	Développer les réseaux terrestres et spatiaux d'observations météorologiques et hydrologiques
<i>Prévision</i>	Renforcer les systèmes de prévision et de modélisation du changement climatique
<i>Recherche</i>	Développer la recherche climatologique, notamment sur les tendances à moyen terme à 30 ans Développer la recherche sur les matériaux robustes et adaptés Développer la recherche sur les impacts et l'adaptation Etablir des modèles socio-économiques dynamiques pour recherche sur l'adaptation des individus et des systèmes <i>Note : les perspectives de recherche sont décrites de manière plus détaillée dans le rapport complet</i>
<i>Diffusion</i>	Organiser une mise à disposition des résultats des modèles climatiques - notamment les désaggrégations au niveau local, et des études sur les impacts Organiser la diffusion de l'information à l'attention des acteurs des secteurs économiques concernés Assurer un support méthodologique et technique envers les administrations et collectivités qui doivent utiliser ces informations nouvelles Structurer un système d'information sur l'adaptation au changement climatique
Ressource en eau	
<i>Adaptation de la demande</i>	Par l'économie, modification des activités ou substitution à une autre ressource Réduire la consommation domestique : <ul style="list-style-type: none"> - Economies actives (éco-gestes) et économies passives (modification des technologies et standards de fabrication) Réduire la consommation agricole : <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des besoins des cultures en eau d'irrigation, en particulier au moment où le déficit en eau est le plus important - Amélioration des techniques d'irrigation pour les rendre plus économes - Gestion raisonnée de l'irrigation favorisée par le découplage des aides aux grandes cultures - Réduction du volume d'irrigation en ne satisfaisant pas complètement le besoin de culture - Optimisation de la valorisation de l'eau disponible en diversifiant les calendriers d'arrosage et les cultures irriguées - Optimisation de l'efficacité de l'eau apportée quand l'arrosage est justifié Mise en place de systèmes agricoles alternatifs plus robustes et moins exigeants en ressource en eau Adapter les pratiques agricoles : mise en place d'une politique de diminution des intrants , promotion des légumineuses et de l'agriculture biologique notamment Par l'aménagement du territoire <ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir une planification efficace de l'aménagement du territoire aux niveaux appropriés impliquant une modification des schémas d'élaboration des politiques

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<p>Par l'adaptation de la demande énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Améliorer le rendement des centrales de production - Mettre en place une gestion par chaîne d'ouvrages hydro-électriques (à envisager). - Promouvoir l'installation systématique des nouvelles centrales thermiques ou nucléaires dans les zones littorales avec prélèvements et rejets en mer (à étudier – en lien avec la biodiversité et les territoires notamment)
<i>Adaptation de l'offre</i>	<p>Par le développement de nouvelles infrastructures</p> <p>En cas de sécheresses sévères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des infrastructures d'approvisionnement en eau supplémentaires (stockage des eaux de surface ou souterraines, transferts d'eau ou recours à d'autres sources) <p>Par l'intervention sur les débits d'objectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réviser à la hausse les objectifs de débits en période d'étiage et de crise afin de réduire la pression sur les milieux aquatiques et de respecter les dispositions de la DCE
Risques naturels et Assurance	
<i>Adapter la politique actuelle de gestion des catastrophes naturelles à une situation climatique changée.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Développer la connaissance des aléas, de la vulnérabilité et des coûts - Développer la mise en place de réseaux de mesures pérennes sur les sites représentatifs, et d'indicateurs de suivi - Renforcer l'approche multi-risques - Renforcer la politique actuelle de gestion des risques naturels par des stratégies « sans regret » (exploitant les volets connaissance, surveillance et prévision, information et mémoire, prise en compte des risques dans l'aménagement et la construction, évaluation du rapport coût/efficacité des techniques de réparation des constructions existantes sinistrées, gestion de crise) - Etablir une gestion globale et coordonnée à l'échelle des bassins de risque les plus sensibles
<i>Risque inondation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Formuler des réponses adaptées en fonction de chaque bassin versant (dans le cadre des plans type programmes d'action de prévention des inondations et plans de gestion grands fleuves). - Adapter les coûts aux situations rencontrées (préparation à la gestion de crise, prévision, sensibilisation, construction d'ouvrages de protection, adaptation de la réglementation de l'usage des sols). - Etudier les réponses adaptées au risque de ruissellement urbain.
<i>Risques côtiers</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre en compte le changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification - Développer des systèmes de vigilance et d'alerte - Analyser les effets de mesures de type : <ul style="list-style-type: none"> ➔ recul stratégique ➔ restauration du fonctionnement naturel (en cas de risque modéré : re-végétalisation, encadrement de la fréquentation touristique, suppression d'ouvrages de protection) ➔ maintien du trait de côte (par des ouvrages de défense uniquement dans les zones à fort enjeu)
<i>Retrait-gonflement des argiles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Adapter les fondations des maisons individuelles à l'ampleur des retraits/gonflements en fonction du terrain - Mettre en place des dispositions plus globales (préconisées dans les règlements des Plans de prévention des risques naturels) prévoyant à la fois l'amélioration de la qualité de la construction – fondation et structure - et la diminution de l'ampleur des sollicitations par une meilleure maîtrise des variations hydriques du sol.

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
Biodiversité⁷	
<i>Améliorer les connaissances scientifiques et opérationnelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer et rationaliser le recueil de données de base permettant d'apprécier les impacts du changement climatique - Développer des nouveaux modèles prospectifs d'évolution de la biodiversité en lien avec les scénarios climatiques et prenant en compte les pressions locales aux échelles spatio-temporelles adéquates pour la prise de décision - Valoriser les espaces protégés comme socles privilégiés d'observation des impacts du changement climatique et de suivi des stratégies d'adaptation - Développer l'évaluation économique des services écosystémiques afin de pouvoir comparer les coûts et bénéfices réels de différentes options de gestion et d'adaptation
<i>Intégrer les enjeux du changement climatique aux politiques existantes de conservation et de gestion de la biodiversité en France métropolitaine et d'outre-mer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Accentuer 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 co-bénéfices <p>Espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intégrer le changement climatique dans le volet connaissance des plans nationaux d'actions relatifs aux espèces menacées, et améliorer les connaissances sur les impacts du changement climatique sur les espèces patrimoniales et d'intérêt économique et/ou récréatif - Renforcer les collaborations avec les pays limitrophes pour bien prendre en compte les migrations naturelles dues au changement climatique, par-delà les frontières administratives - Renforcer la prise en compte de la dimension infra-spécifique, élément crucial de l'adaptation des espèces au changement climatique - Repenser la notion d'espèce envahissante dans un contexte de changement climatique et adapter les politiques de prévention et de gestion <p>Espaces protégés (y-compris les PNR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maintenir et étendre le réseau d'aires protégées -y compris pour le milieu marin- en intégrant la problématique du changement climatique dans la désignation de nouvelles aires - Intégrer le changement climatique dans les documents et modalités de gestion des espaces protégés <p>Projets de territoire, réseaux écologiques et connectivité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Développer les stratégies d'adaptation de la biodiversité dans toutes les politiques ayant un impact territorial (outils de planification liés à l'urbanisme, politiques sectorielles avec un fort impact sur le territoire...) - Mettre en place des réseaux écologiques (trame verte et bleue, trame bleu marine) afin de faciliter la mobilité des espèces sur l'ensemble du territoire et d'améliorer la fonctionnalité des écosystèmes - Généraliser en milieu marin l'approche écosystémique en prenant en compte les activités humaines
<i>Intégrer de nouveaux principes et outils dans ces mêmes politiques publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la gestion adaptative afin de définir des modalités de gestion prenant en compte les incertitudes futures, révisées au fur et à mesure de la disponibilité de nouvelles informations ou recherches - 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 - Elaborer un arbre de décision permettant de définir les modalités d'intervention ou de non-intervention les plus adéquates

⁷ D'autres exemples de mesures possibles sont listées en Annexe D.3.9.

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
<i>Promouvoir une gouvernance intégrée</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Mettre en place les structures de pilotage et d'animation multipartites et créer les lieux de débats - Développer la capacité d'analyse et d'anticipation des acteurs pour poser un diagnostic et définir des priorités d'action
<i>Sensibiliser et mobiliser l'ensemble des acteurs</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les stratégies / mesures qui impliquent les usagers et acteurs locaux - Développer les recherches en sciences sociales sur l'acceptation des mesures d'adaptation - Mettre en place des actions de sensibilisation et de mobilisation du public sur l'ensemble des interactions biodiversité-changement climatique
Agriculture	
<i>Grandes cultures</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Diversifier les systèmes de culture, permettant de combiner « esquivage », « évitement » et « tolérance » - Augmenter la durée de végétation pour permettre la succession de cultures été-hiver là où jusqu'ici, seules des monocultures sont possibles - Mener une réflexion sur la pertinence de l'implantation de nouvelles cultures, comme le sorgho qui conviendrait particulièrement aux nouvelles conditions climatiques à la fois s'agissant de la digestibilité animale, de résistance à la sécheresse ainsi qu'au plan thermique. Il faudra alors prendre en compte l'approche par « filière », en étudiant les conséquences.
<i>Viticulture</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Procéder à des recherches génétiques pour de nouveaux cépages adaptés aux terroirs (en matière de précocité, durée du cycle, besoins en froid, sensibilité au gel) - Mener une réflexion sur l'évolution des AOC en lien avec le changement climatique - Mettre au point de nouvelles techniques d'irrigation
<i>Prairies et cultures fourragères</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Étendre l'exploitation à des surfaces d'ajustement si elles existent (estives d'altitude) ou création de ces surfaces (sorgho ou maïs à double fin). - Ré-analyser les politiques à long terme de gestion de l'eau pour favoriser l'irrigation des petites surfaces : capacité à stocker les excédents pluviométriques d'hiver permettant en même temps les irrigations de complément en fin de printemps et en été. - Aider à la mise en œuvre des actions d'adaptation dans le cadre de contrats collectifs (en commun entre éleveurs ou entre éleveurs et cultivateurs ou entre plaine et montagne). - Anticiper les impacts 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.
Forêts	
<i>Général</i>	<p>Gestion sylvicole</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 notamment tempêtes - Développer de nouvelles modalités de gestion des forêts de protection contre les risques naturels pour garantir la pérennité du boisement et sa production - Renforcer et systématiser les mesures visant à réduire les autres agressions contre les écosystèmes forestiers fragilisés

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<p>Recherche, observation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Travailler sur la robustesse/résistance des essences (génétique, amélioration) - Développer un système de suivi des impacts du changement climatique <p>Planification spatiale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modeler (extension et évolution) la gestion des aires protégées forestières - Spécialiser les territoires <p>Industrie, débouchés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter l'industrie aux bois pouvant être produits par les forêts de demain (essences, caractéristiques, géographie...) dans le respect d'une préservation maximale des capacités écologiques des écosystèmes - Développer des normes et appliquer les mesures visant à favoriser l'usage du bois (notamment dans la construction)
<i>Feux de forêt</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la prévision dans les dispositifs zonaux (météo notamment) - Utiliser des technologies nouvelles de traitement de l'information pour améliorer la détection, la surveillance et le contrôle - Mener des actions de prévention en matière d'urbanisme à la fois par voie de sensibilisation et par voie réglementaire portant sur : <ul style="list-style-type: none"> ➔ une compacité plus grande de l'urbanisation ➔ la voirie desservant l'urbanisation proche de la forêt. ➔ la gestion de l'interface entre l'urbanisation et la forêt. ➔ la construction de réseaux (eau, électricité). ➔ la construction d'habitations et leurs appendices extérieurs. ➔ la trame verte. - Améliorer la gestion sylvicole (augmentation de la biomasse, traitement des peuplements déperissants, gestion des forêts de montagne) - Rechercher l'optimisation des moyens de lutte contre l'incendie en termes de coût/efficacité (choix du guet armé, ou positionnement de la flotte d'avions ou d'hélicoptères bombardiers d'eau) - Réexaminer les financements à tous les échelons (prévention locale jusqu'à la stratégie de lutte à l'échelon UE, Etat, collectivités, assureurs, privé)
Santé	
<i>A court terme (5 ans)</i>	<p>Actions prioritaires de santé publique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une structure interministérielle chargée de coordonner les compétences nationales en matière d'étude des conséquences sanitaires du changement climatique, d'évaluer régulièrement l'impact et l'évolution de ces conséquences, de mobiliser les capacités des différents secteurs, de réaliser et actualiser la priorisation nécessaire des conséquences sanitaires du changement climatique, de suivre, évaluer et orienter les actions de santé publique et des recherches engagées, enfin de permettre une meilleure articulation des échanges au niveau européen et international. - Mettre en place ou renforcer la surveillance des facteurs sanitaires et environnementaux pouvant être modifiés par le changement climatique <ol style="list-style-type: none"> 1. surveillance des populations vectorielles et d'hôtes réservoirs ; 2. surveillance de la qualité de l'air et des eaux continentales, côtières et estuariennes, et des sols ; 3. surveillance des rayonnements naturels ; 4. surveillance des résistances et des adaptations des agents pathogènes ; 5. surveillance des pneumallergènes. - Mettre en place et généraliser des plans de réponse aux phénomènes météorologiques extrêmes (sur les modèles de plans existants : canicule, grand froid, ouragan...) incluant l'étude systématique des effets sanitaires (somatiques et psychologiques) de ces phénomènes. - Evaluer les plans existants. - Organiser la prise en charge des populations fragiles et à risque de fragilité (personnes âgées, personnes atteintes d'affection de longue durée, personnes précaires...) face aux phénomènes climatiques extrêmes.

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<ul style="list-style-type: none"> - Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique aux formations initiale et continue des professions de santé. - Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique dans les messages et campagnes d'information à destination du public et des médias notamment à destination des adolescents. <p>Recherches prioritaires dans le domaine de la santé</p> <p><i>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</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la recherche sur les capacités d'adaptation de l'homme aux changements climatiques. Ce développement doit être multidisciplinaire et porter à la fois sur : <ol style="list-style-type: none"> 1. La santé publique et l'impact économique surtout en temps de crise ; 2. La clinique et en particulier la physiopathologie et le traitement du choc thermique dû au coup de chaleur ; 3. La physiologie de la thermolyse, en particulier chez le sujet âgé ; 4. 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. <p>Pour le long terme</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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).
A moyen terme (15 ans)	<ul style="list-style-type: none"> - Surveiller l'impact sanitaire des modifications de la diversité biologique (flore et faune). - Mettre en œuvre une observation des événements de mutation des agents infectieux et de leurs hôtes, notamment en lien avec les rayonnements naturels. - Evaluer l'impact de réchauffement climatique sur la qualité des eaux et la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire, en particulier dans les COM-ROM et sur le pourtour méditerranéen
Energie	
Adaptation de la demande	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des technologies de refroidissement de l'air (développement de technologies de refroidissement plus efficaces énergétiquement pour les bâtiments et les véhicules) - Faciliter le développement d'un cadre bâti et d'un urbanisme réduisant la demande d'énergie, notamment celle de climatisation
Adaptation de l'offre	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Identifier les structures sensibles à la remontée du niveau de la mer
Transversal	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcer les outils de modélisation de l'offre et de la demande en fonction du climat
Tourisme	
	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser les politiques de diversification de l'offre touristique, particulièrement pour les sites et activités très dépendants du climat : <ul style="list-style-type: none"> ➔ diversification des activités et des sources de revenus en hiver (hors ski) ; ➔ développement d'un « tourisme des quatre saisons », pour réduire la dépendance par rapport à la neige ➔ diversification des activités dans les stations balnéaires

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
<p><i>Infrastructures</i></p>	<p align="center">Infrastructures de transport et cadre bâti</p> <p>Cas des infrastructures portuaires, ferroviaires, fluviales et des routes non relevant pas du réseau routier national non concédé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Engagement d'une démarche avec les gestionnaires de réseaux concernés : collectivités territoriales, Réseau ferré de France, grands ports maritimes, Voies navigables de France, compagnie nationale du Rhône, sociétés concessionnaires d'autoroutes, sociétés gestionnaires de tunnels, RATP, sociétés gestionnaires de transports en commun urbain... <p>Gestion des réseaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Référentiels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réviser les référentiels pour la construction (génie civil, fondations, équipements) et l'utilisation des réseaux de transport (véhicules, gestion du trafic, incidence sur la sécurité routière...) afin de tenir compte des modifications des actions d'origine climatique - Réviser la doctrine de l'entretien routier : recherche d'un nouvel équilibre entre niveaux de service, dimensionnement, fréquence des opérations d'entretien. - Préciser le concept d'aménagement réversible - Ces projets sont à engager parallèlement à une démarche d'amélioration des connaissances sur le comportement des matériaux et des structures (par exemple aux effets répétés des fortes chaleurs...) et sur le développement de solutions constructives innovantes (matériaux alvéolaires permettant le stockage de l'eau...) <p>Elaboration de différentes stratégies d'adaptation face au risque côtier et d'inondation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déplacement de l'infrastructure en « repli » vers l'intérieur - Maintien sur place avec aménagements appropriés de protection assurant le niveau de sécurité requis : systèmes d'évacuation des eaux, aménagement de zones inondables ; pompages (secteurs sensibles urbains) ; rehaussement de l'assise ; édification, surélévation, renforcement d'ouvrages de protection - Maintien sur place de l'infrastructure en acceptant des submersions temporaires (sous réserve qu'elles ne soient pas brutales), avec mise au point de dispositifs de surveillance, d'alerte, de gestion de crise, et la mobilisation anticipée d'itinéraires ou de moyens de transport de substitution ; inspection post-submersion des réseaux d'infrastructure de transport et des systèmes de sécurité qu'elles nécessitent pour leur exploitation - L'élaboration de telles stratégies repose sur un travail d'identification locale et détaillée des infrastructures concernées, de leur niveau de protection actuel et des fonctions qu'elles remplissent <p>Cas de la gestion de l'eau pour les voies navigables (mesure identifiée en phase 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réfléchir sur la problématique de gestion des conflits d'usage de l'eau. Pour répondre aux différents besoins, il peut s'agir de développer des ouvrages de soutien ou de rechercher des solutions alternatives pour certains usages (pompage dans les eaux souterraines, raréfaction de l'irrigation ...) <p>Cas du milieu urbain (mesure identifiée en phase 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - S'interroger sur le rôle que pourrait jouer la végétation en milieu urbain en lien avec ses impacts sur des « micro-climat », mais aussi de façon plus générale pour son rôle sur les crues ou sur la tenue des sols
	<p><i>Cadre bâti</i></p>

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<p>évolution comportementale des occupants).</p> <p>Santé et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les bâtiments pour limiter la vulnérabilité des occupants aux effets d'une période de canicule. - Mener des actions visant à faire évoluer durablement le comportement des occupants <p>Risques naturels et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les bâtiments au risque de retrait/gonflement des argiles (voir Risques naturels et assurance) - Anticiper les impacts des inondations (voir Risques naturels et assurance). <p>Territoires et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en perspective la prise en compte des impacts sur les bâtiments, suivant les territoires



EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN FRANCE
Rapport de la deuxième phase

Partie I : Rapport de synthèse

I Contexte et enjeux des travaux engagés

I.1 La réalité du changement climatique

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité et ses conséquences auront un impact significatif sur notre environnement et nos modes de vie d'ici à la fin du siècle. En effet, seuls 5°C séparent le climat actuel d'une ère glaciaire. Or selon les projections les plus récentes⁸, le climat pourrait se réchauffer de 1,1 à 6,4°C d'ici à la fin du XXI^{ème} siècle. Les rapports du GIEC sont les résultats d'un consensus d'une grande majorité d'experts internationaux : ces conclusions font autorité. Néanmoins, la vitesse et l'ampleur de ces changements fait l'objet d'une incertitude significative. Il est nécessaire dès aujourd'hui d'anticiper les conséquences du changement climatique afin de minimiser les impacts socio-économiques afférents et réduire la vulnérabilité des acteurs concernés. Il s'agit alors de définir et d'évaluer les effets du changement climatique auxquels les acteurs devront faire face et d'envisager les mesures d'adaptation les plus appropriées.

I.1.1 Les observations actuelles sur l'évolution du climat

I.1.1.1 A l'échelle mondiale

Le rapport de consensus du Groupe de Travail I du GIEC, rendu public en février 2007, apporte des éléments concernant le changement climatique récent⁹.

- **Élévation des températures** : la température moyenne de l'air a augmenté de +0,6°C sur la période 1901-2000 (+0,74°C sur la période 1906-2005). Si l'ensemble du globe a connu une augmentation des températures, celle-ci était plus importante dans les latitudes hautes et l'hémisphère Nord. Sur la période 1995–2006, onze années figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850.
- **Élévation du niveau de la mer** : le niveau moyen de la mer s'est élevé de +1,8mm par an depuis 1961. Une accélération de cette tendance est également observée (+3,1mm depuis 1993), mais la part de variabilité climatique / changement climatique est difficile à évaluer.
- **Fonte des neiges et glaces** : l'étendue annuelle des glaces a diminué de 2,7% par décennie depuis 1978 dans l'océan Arctique.
- **Précipitations** : les observations concernant les précipitations sont plus hétérogènes. Une hausse des précipitations est observée dans l'Est de l'Amérique du Nord et du Sud, le Nord de l'Europe et le centre de l'Asie ; tandis que le Sahel, les zones méditerranéennes, l'Afrique Australe et l'Asie du Sud ont vu le niveau des précipitations diminuer.
- **Événements extrêmes** : au cours du XX^{ème} siècle, on a observé une hausse de fréquence et d'intensité des sécheresses et des canicules ; ainsi qu'une

⁸ GIEC, 2007

⁹ GIEC, 2007

multiplication des épisodes de pluies intenses (même dans les régions qui ont vu le niveau de précipitations total diminuer). Les vagues de froid ont diminué. Si une augmentation de l'activité cyclonique intense dans l'Atlantique Nord est observée depuis 1970 environ, de manière générale, aucune tendance claire ne se dégage quant au nombre de cyclones tropicaux qui se forment chaque année.

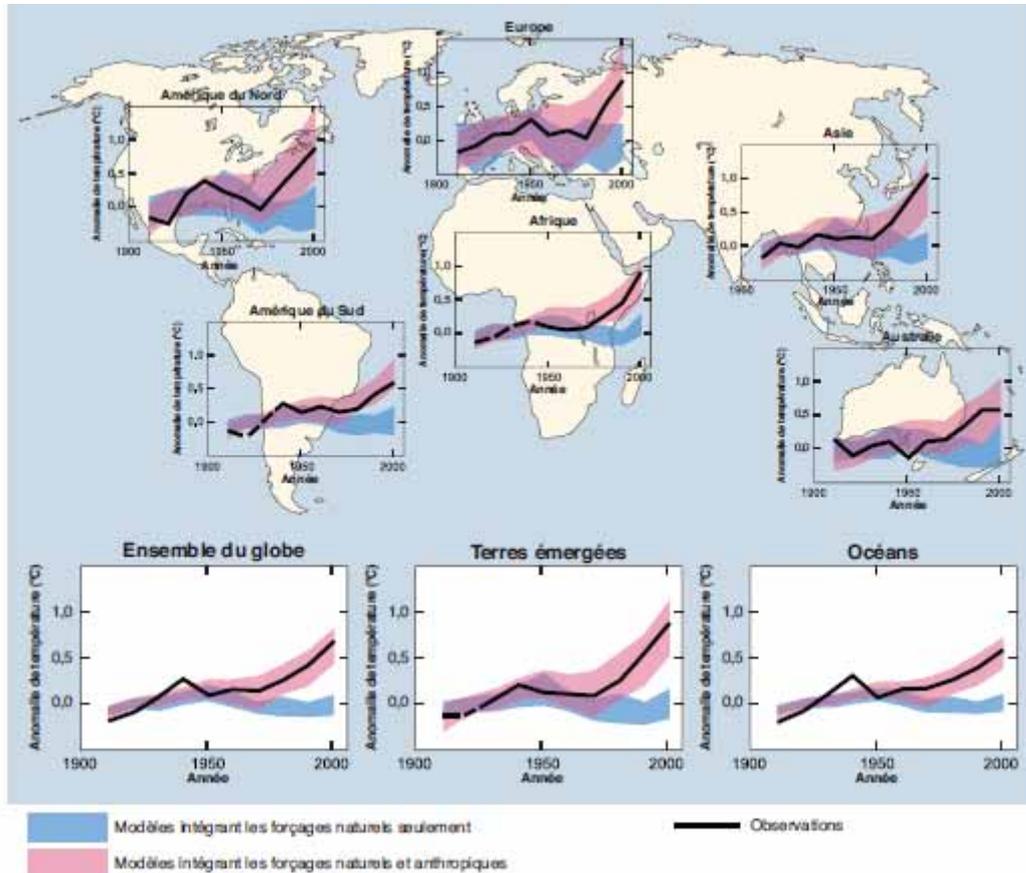


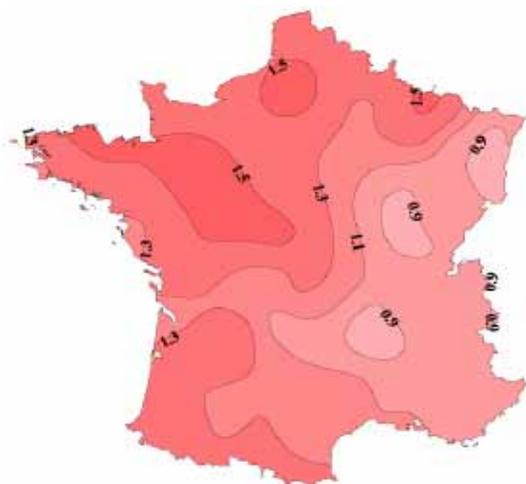
Figure 1 – Comparaison des variations de températures de l'air et des océans observées au cours du XX^{ème} siècle avec les résultats de simulation des modèles climatiques (GIEC, 2007)

I.1.1.2 En France

En France, la cartographie des tendances sur le XX^{ème} siècle montre un réchauffement plus important que le réchauffement global. La température moyenne annuelle a ainsi augmenté de 0,95°C sur le territoire français (+0,74°C au niveau mondial) entre 1901 et 2000.

Une analyse des séries quotidiennes sur la période 1951-2000 a été réalisée par Météo-France. Elle a permis de dégager des grandes tendances concernant l'évolution des extrêmes de température, avec notamment : des températures diurnes plus élevées, des températures de fin de nuit plus élevées, une diminution du nombre de jours de gel, une augmentation des vagues de chaleur, une diminution des vagues de froid et une augmentation de la variabilité des températures estivales, ce qui traduit une accentuation du risque de forte chaleur estivale.

Températures minimales diurnes



Températures maximales diurnes

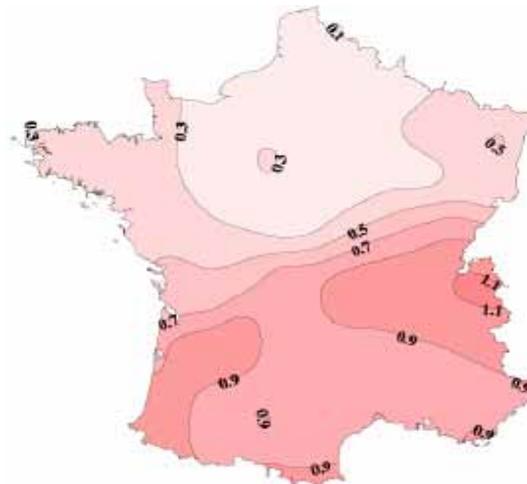
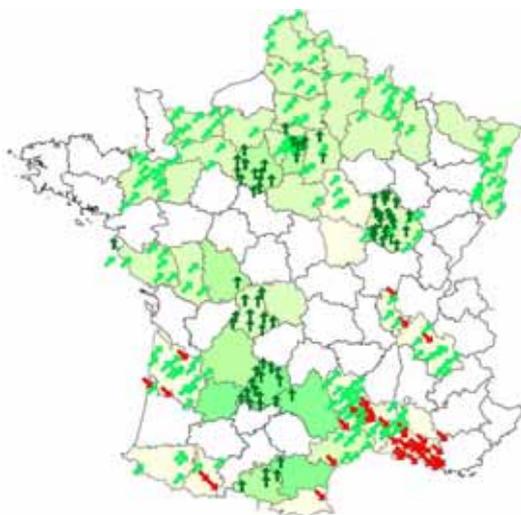


Figure 2 – Evolution observée des accroissements de températures en France sur la période 1951-2000 (Météo-France)

S'agissant des précipitations, les tendances dégagées sont moins significatives statistiquement que pour les températures. Les observations mettent en avant une augmentation du volume des précipitations (+7%), mais également une accentuation des contrastes saisonniers et régionaux. Dans le Nord de la France, elles ont augmenté en hiver et diminué en été. Dans le tiers Sud du pays, on observe des baisses de précipitations (en cumul annuel) plus marquées en été (Dandin 2007¹⁰).



Chaque flèche représente une série de mesure. Les baisses sont en rouge, les hausses en vert. Les évolutions les plus significatives sont représentées par une flèche verticale. La carte montre également les départements pour lesquels il n'existe pas encore de diagnostics concernant l'évolution des précipitations sur une longue période.

Figure 3 – Evolution observée du cumul annuel des précipitations sur la période 1901-2000 (Météo-France – Dandin, 2007)

Concernant les événements extrêmes, il est aujourd'hui difficile d'établir une tendance, et surtout d'établir un lien avec le changement climatique. Ainsi, en France

¹⁰ <http://www.fnccr.asso.fr/documents/DANDIN.pdf>

métropolitaine, il n'y a pas de signal significatif d'une augmentation de l'intensité ou du nombre de tempêtes, de tornades, d'orages ou d'épisodes de grêle, ou encore d'épisodes cévenols¹¹. De même, on n'observe pas à ce jour de signal clair de l'impact du changement climatique sur les crues : si les débuts de tendances de changements des séries hydrologiques sont constatés au niveau régional, l'hypothèse de stationnarité des valeurs extrêmes sur les cours d'eau français n'est actuellement pas remise en cause au niveau national¹².

I.1.2 Le climat futur

I.1.2.1 A l'échelle mondiale

Au cours du XXI^{ème} siècle, tous les scénarios prévoient une élévation de la température moyenne de l'air à l'échelle mondiale. Les estimations de l'augmentation de la température moyenne terrestre d'ici 2100 se situent entre +1,8°C (scénario B1) et +4°C (scénario A1F1). Ces « meilleures estimations » représentent des valeurs moyennes, au sein d'une fourchette plus large de +1,1 à +6,4°C.

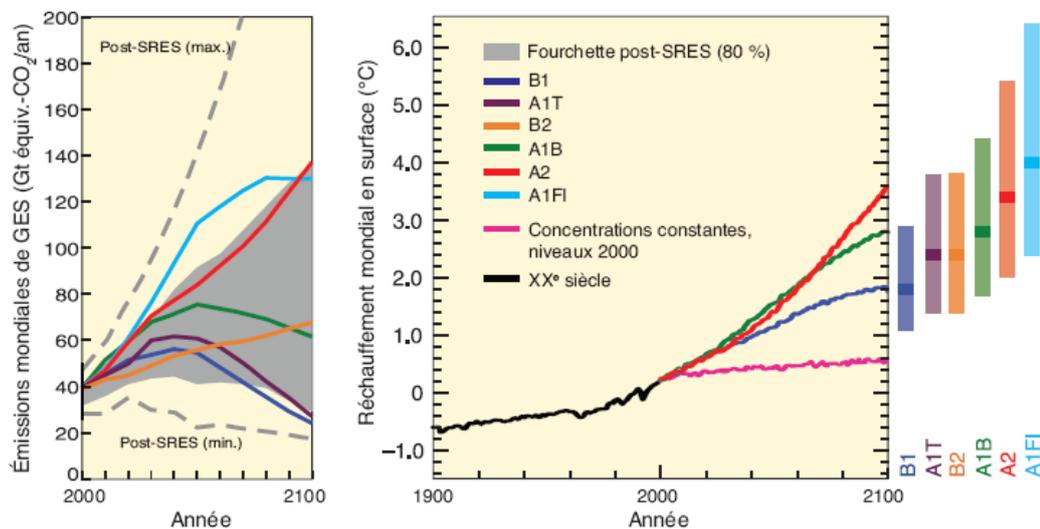


Figure 4 – Evolution projetée des températures selon les différents scénarios socioéconomiques du GIEC (GIEC, 2007)

Le dernier rapport du GIEC prévoit également une élévation du niveau de la mer d'ici 2100 comprise entre 18 et 38 cm dans le meilleur des cas, et entre 26 et 59 cm dans le cadre du scénario le moins favorable, comme l'indique le Tableau 2. Ces hypothèses excluent toutefois une modification de la dynamique de fonte des glaces.

¹¹ Dandin, 2007

¹² D4E/ONERC, 2008, p 205

Tableau 2 - Projections d'évolution des températures mondiales et du niveau de la mer, hors modification de la dynamique de fonte des glaces (GIEC, 2007)

	Anomalie de température (°C en 2090-2099 en base 1980-1999)		Montée niveau de la mer (m en 2090-2099 en base 1980-1999)
	Meilleure estimation	Plage de vraisemblance	Fourchette des résultats de modélisations
Concentration constante au niveau de l'année 2000	0,6	0,3 - 0,9	(Non disponible)
Scénario B1	1,8	1,1 - 2,9	0,18 – 0,38
Scénario A1T	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,45
Scénario B2	2,4	1,4 - 3,8	0,20 - 0,43
Scénario A1B	2,8	1,7 - 4,4	0,21 - 0,48
Scénario A2	3,4	2,0 - 5,4	0,23 – 0,51
Scénario A1F1	4,0	2,6 - 6,4	0,26 – 0,59

La prise en compte de la dynamique de fonte des glaces peut entraîner des hypothèses de remontée d'un mètre à l'horizon 2100 mais ces tendances pessimistes ne font pas encore l'objet d'un large consensus.

Le GIEC fait état, à l'échelle mondiale, d'une hausse *très probable* de la fréquence des températures extrêmement élevées, des vagues de chaleur et des épisodes de fortes précipitations ; ainsi que d'une baisse des débits annuels moyens des cours d'eau et de la disponibilité de la ressource en eau dans certaines régions sèches des latitudes moyennes et des tropiques (hausse aux latitudes hautes) ; avec un degré de confiance élevé.

Le GIEC juge par ailleurs « vraisemblable » que les cyclones tropicaux futurs, ainsi que les typhons et ouragans, deviennent plus intenses, avec des vents et des précipitations plus forts.

Encadré 1 - La prévision du climat futur

La modélisation du climat futur est un processus en plusieurs étapes. En premier lieu, des **scénarios socioéconomiques globaux** sont élaborés : ils déterminent les évolutions d'émissions de gaz à effet de serre. Ces scénarios, qui décrivent des trajectoires démographiques, économiques ou encore technologiques, ne représentent que des futurs possibles. Aucune notion de probabilité n'y est associée. Les scénarios du GIEC (SRES) constituent des scénarios de référence.

Les niveaux d'émissions de GES résultant de ces scénarios paramètrent des **modèles de cycle de carbone**, qui les convertissent en niveau de concentration en CO₂ dans l'atmosphère. Deux modèles principaux sont utilisés dans le cadre du GIEC : le modèle Bern-CC et le modèle ISAM.

Entrent en jeu les **modèles climatiques globaux**, qui traduisent les niveaux de concentration en CO₂ en évolutions des principales variables climatiques : températures, précipitations, ... Le GIEC utilise actuellement 23 modèles climatiques, dont deux modèles français : le modèle Arpège-Climat (CNRM/Météo-France) et le modèle LMD (IPSL). La résolution des modèles globaux est relativement large : environ 200 à 300 km.

Or les études d'impacts requièrent souvent des paramètres climatiques à une échelle d'espace très inférieure à celle proposée par les modèles globaux, nécessitant ainsi de procéder à une **descente d'échelle (ou désagrégation)**. Différentes méthodes de régionalisation des simulations climatiques sont utilisées - désagrégation statistique / désagrégation dynamique* : elles permettent d'obtenir des simulations d'une résolution de 20 à 50 km en général. Notons qu'il n'existe pas de méthode universelle de descente d'échelle : très souvent, on utilise une combinaison des deux.

* Voir Glossaire en Annexe C.1

D'un point de vue général, il est utile de comparer les constats et prévisions présentés en 2007 par le GIEC à ceux qu'il avait produits en 2001. Deux traits saillants apparaissent : (i) les tendances globales à long terme (passées et futures) sont peu modifiées, c'est l'incertitude qui leur est attachée qui a été sensiblement réduite ; (ii) la résolution des modèles a été accrue, autorisant une amélioration de la régionalisation des prévisions.

Encadré 2 - Des nouvelles connaissances sur les évolutions climatiques (IARU, mars 2009)

Les observations récentes montrent que les émissions de GES et que de nombreux aspects du climat tendent à évoluer vers la fourchette supérieure des projections publiées dans le quatrième rapport du GIEC. Les prévisions du scénario SRES A2 indiquent une augmentation des températures en moyenne de 4°C d'ici 2100 sans rétroaction du CO₂ sur le climat. Or en prenant en compte la libération de GES par des puits de carbone terrestres et océaniques vulnérables, l'évolution des températures moyennes pourrait être revue à la hausse de 0,1 à 1,5°C. Un effet additionnel lié aux émissions de méthane et de CO₂ libérées par la fonte du permafrost pourrait également être significatif, mais son ampleur n'est pas quantifiée à ce jour.

Ces observations ont été présentées lors du congrès scientifique international sur le changement climatique organisé par dix universités membres de l'IARU (Alliance Internationale de Recherche Universitaire) intitulé « Changement Climatique : Risques globaux, Défis et Décisions » qui s'est tenu à Copenhague du 10 au 12 mars 2009 et a réuni plus d'une centaine d'experts internationaux sur la question. L'objectif du congrès était de réaliser un état de l'art des connaissances scientifiques disponibles pour éclairer la décision en matière de politiques d'atténuation et d'adaptation.

I.1.2.2 En France

En France, le changement climatique se traduira, d'ici la fin du XXI^{ème} siècle, par une élévation des températures comprise entre 3 et 4°C selon le scénario A2 (modèle Arpège-Climat). Une description détaillée de l'évolution des principaux paramètres climatiques selon le modèle Arpège-Climat de Météo-France est proposée en partie II.2.1.

I.1.3 Une cascade d'incertitudes

L'ensemble du processus de prévision du climat futur, décrit dans l'Encadré 1 est soumis à des incertitudes plus ou moins importantes. Les différentes sources d'incertitude sont positionnées dans la Figure 5.

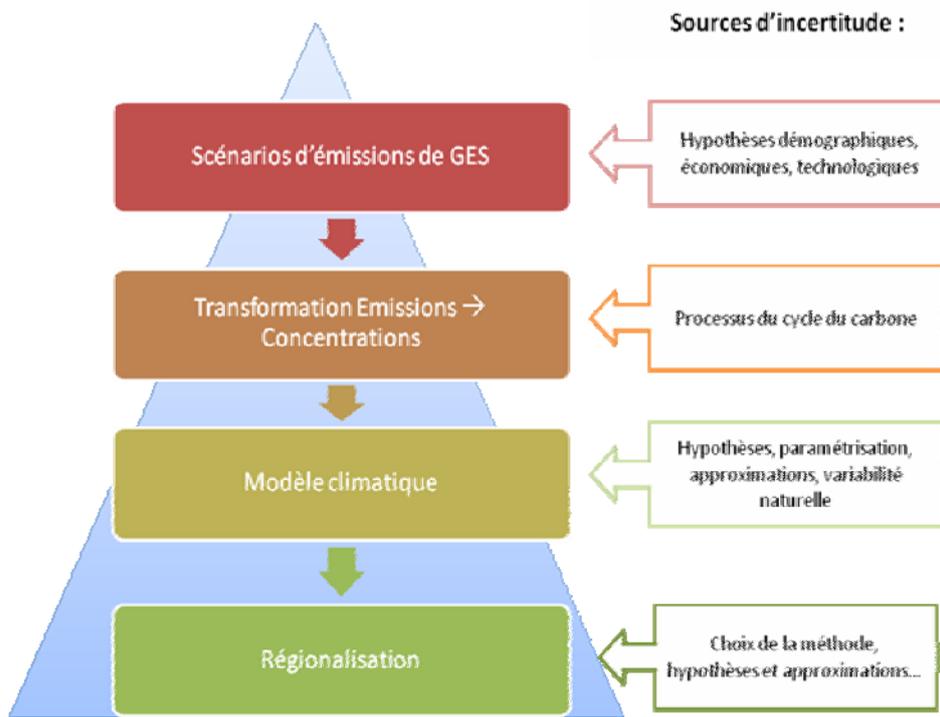


Figure 5 - Une cascade d'incertitudes (Adapté de Boe, 2007)

Les scénarios socioéconomiques

Les scénarios socioéconomiques reflètent des trajectoires possibles de développement économique, de croissance démographique, de consommation et d'un ensemble d'autres facteurs pour lesquels les projections à long terme reposent sur des hypothèses lourdes et difficilement vérifiables. C'est pour tenir compte du degré élevé d'incertitude qu'un grand nombre de scénarios - reflétant des trajectoires différentes - est utilisé, notamment par le GIEC.

Les concentrations en CO₂

La façon dont les émissions de GES affectent les concentrations atmosphériques de ces gaz fait l'objet de modèles qui comportent également des incertitudes : en 2100, les modèles de cycle du carbone projettent une concentration en CO₂ atmosphérique comprise entre 540 et 970 ppm selon les scénarios SRES ; la fourchette d'incertitude inhérente aux modèles est comprise entre 490 et 1260 ppm (Houghton *et al.*, 2001).

Les modèles climatiques utilisés

Bien que des progrès considérables aient été réalisés dans ce domaine, avec des modèles de plus en plus complexes et intégrant de plus en plus de paramètres, l'incertitude reste importante, comme en témoignent les divergences de résultats selon les modèles utilisés. Aux horizons proches, la variabilité naturelle est à ce jour difficilement captée, de même que les extrêmes climatiques. Si l'évolution d'un paramètre tel que les températures est aujourd'hui relativement bien expliquée par les modèles, il y a davantage d'incertitudes concernant l'évolution des précipitations. Pour

pallier ce problème, le GIEC a utilisé et croisé 23 modèles différents dans son dernier rapport¹³.

La descente d'échelle

Enfin on retrouve une incertitude à chaque étape de la descente d'échelle à une maille régionale, qui porte tant sur le choix de la méthode (dynamique/statique) que sur les hypothèses posées.

I.1.4 Les impacts du changement climatique au niveau mondial

Encadré 3 - Changement climatique et changements globaux

Le changement climatique ne constitue pas une composante isolée et interagit avec l'ensemble des autres modifications d'origine anthropique de la biosphère : on parle alors de « changements globaux ». Ceux-ci regroupent – entre autres – le changement climatique, le changement d'occupation des sols (urbanisation, agriculture intensive, déforestation...), le changement des pratiques, la multiplication des espèces envahissantes, la surexploitation des ressources naturelles renouvelables.

Les impacts du changement climatique se combinent donc avec d'autres facteurs de modification de notre environnement, et notamment à la dégradation des écosystèmes due à d'autres causes d'origine humaine (pollutions, destruction de milieux naturels et des mécanismes de régulation qui y sont liés, dégradation de la ressource en eau...).

Le dernier rapport du GIEC (2007) a permis de caractériser les principaux impacts du changement climatique, attendus au cours du XXI^{ème} siècle au niveau mondial. Les impacts sont susceptibles de toucher l'ensemble des systèmes naturels et des secteurs d'activités.

Dans le **secteur agricole**, les changements prévus auront des retombées sur les rendements, ainsi que sur la localisation de la production. Ainsi, il faut s'attendre à une hausse des rendements agricoles dans les régions froides et à une baisse dans les régions chaudes en raison du stress thermique. La multiplication des épisodes météorologiques extrêmes et le risque de prolifération de parasites affecteront également les récoltes. Le réchauffement pourra modifier l'état sanitaire et la productivité des **forêts**, ainsi que la distribution géographique des essences et augmentera le risque d'incendies.

Les **écosystèmes marins et côtiers** seront également touchés, notamment par l'acidification des océans due à l'augmentation des concentrations en CO₂ et par les modifications régionales dans la distribution des organismes marins liée à l'augmentation des températures de l'eau. Enfin, 20 à 30% d'**espèces animales et végétales** seront exposées à un risque majeur d'extinction si la hausse des températures moyennes dépasse +1,5 - 2,5°C.

Le changement climatique modifiera sensiblement la qualité **et la disponibilité de la ressource en eau**, ce qui aura des conséquences pour de nombreux secteurs, notamment pour l'agriculture. Au niveau global, d'ici le milieu du XXI^{ème} siècle, la disponibilité en eau devrait augmenter de 10 à 40% à des latitudes élevées et dans certaines zones tropicales humides, et diminuer de 10 à 30% sur les régions sèches et

¹³ GIEC, 2007

de latitude moyenne. Certaines sources d'approvisionnement tributaires de la fonte des neiges pourraient diminuer.

L'évolution des conditions climatiques aura également des incidences sur la **santé humaine**, avec une baisse de la mortalité due au froid dans les régions tempérées, mais un risque accru de mortalité due aux événements climatiques extrêmes. La détérioration de la qualité de l'air urbain (notamment fortes concentrations d'ozone) pourra causer une hausse de la fréquence de maladies cardio-respiratoires, et la propagation de maladies infectieuses transmises par vecteur pourrait être facilitée, conduisant à une modification de la distribution spatiale de certaines pathologies. Les développements notamment microbiens, de champignons dans l'air, d'arthropodes, de cyanobactéries et micro-algues (sources de toxines) dans les eaux pourraient être augmentés.

Les conséquences **économiques et sociales** seront considérables. L'industrie, les établissements humains et les infrastructures (transport, habitations...) seraient menacés tant par l'augmentation des températures en valeur moyenne ou de la remontée du niveau de la mer, que par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (tels que canicules, sécheresses, inondations ou autres événements). L'offre et la demande d'énergie seront modifiées. Le tourisme (estival et hivernal) sera également affecté par les évolutions prévues.

L'exemple de la canicule de 2003

S'il est hasardeux aujourd'hui d'imputer la canicule de 2003 au changement climatique, les effets de la canicule constituent une indication sur la façon dont les systèmes naturels, économiques et sociaux ont réagi aux caractéristiques climatiques extrêmes telles que l'intensité diurne et surtout nocturne des températures, une vague de chaleur de longue durée, accompagnée d'une pollution atmosphérique élevée et d'un déficit hydrique important et précoce. Ces caractéristiques pourraient devenir la norme estivale d'ici la fin du XXI^{ème} siècle selon les scénarios les plus pessimistes du GIEC.

Encadré 4 - La canicule de 2003

Les conséquences de la canicule de 2003 ont été analysées *ex-post* à la fois par la communauté scientifique et par les décideurs, afin d'en tirer des enseignements pour l'avenir. Les impacts ont été variables sur les différents secteurs économiques, pénalisant certains secteurs (baisse de rendement du secteur industriel, régularité des transports ferroviaires affectée) et favorisant à l'inverse certaines activités commerciales (corrélation observée entre le chiffre d'affaires et le niveau des températures). Les conséquences de la canicule sur le secteur énergétique ont été importantes notamment à cause des besoins énergétiques renforcés et une capacité de production diminuée par un refroidissement problématique des centrales et un réseau de transport saturé par endroits. L'impact sur l'environnement a également été réel : la forêt française a par exemple été fragilisée (feux d'été, dépérissements). Mais ce dont les Français se souviennent en premier lieu, ce sont les conséquences sanitaires tragiques d'une très forte surmortalité concentrée sur une courte période, avec la mise en évidence d'une relation directe entre l'augmentation des températures et le nombre de décès. La pollution atmosphérique a par ailleurs eu un effet non négligeable sur la surmortalité observée en 2003 dans les aires urbaines, avec des effets conjoints de l'ozone et de la température différents selon les villes, et des parts relatives de ces effets, variables d'une ville à l'autre.

Sources : La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise, Rapport d'information du Sénat n° 195 (2003-2004) de Mme Valérie LÉTARD, MM. Hilaire FLANDRE et Serge LEPELTIER, fait au nom de la mission commune d'information, déposé le 3 février 2004

Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (D4E) / ONERC (2008), « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France – Document d'étape », p84, rapport du Groupe de travail Interministériel, Paris, juin 2008.

I.2 Adaptation au changement climatique : concepts et définitions¹⁴

Le changement climatique est désormais une réalité. Face à ce phénomène, deux réponses complémentaires sont indispensables : l'atténuation (*mitigation* en anglais) et l'adaptation.

L'atténuation vise à limiter l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les mesures d'atténuation concernent la maîtrise de l'énergie, la substitution d'énergies fossiles par des énergies renouvelables et le stockage du carbone.

I.2.1 Le concept d'adaptation

L'adaptation vise à réduire la vulnérabilité des systèmes ou territoires par des actions qui permettent de réduire les impacts effectifs du changement climatique ou d'améliorer la capacité de réponse de la société.

Le concept d'adaptation est défini par le Troisième Rapport d'évaluation du GIEC 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 des opportunités bénéfiques ».

¹⁴ D'après D4E, ONERC (2008)

Reprenant la définition du GIEC¹⁵, la **vulnérabilité** au changement climatique est le degré par lequel un système risque d'être affecté négativement par les effets des changements climatiques sans pouvoir y faire face, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. Notons que le parti-pris est ici un affect globalement négatif, alors que dans certains cas, un système peut au final se révéler « gagnant » (exemples d'une agriculture plus productive sous certaines conditions, d'un climat plus agréable dans certains pays, etc.) ; on peut alors parler **d'opportunité** plus que de vulnérabilité. Le champ potentiel d'opportunité reste cependant nettement plus restreint (tant dans le temps que dans l'espace) que celui de vulnérabilité.

La vulnérabilité se définit dans la littérature comme une fonction de l'**exposition** du système aux changements climatiques (nature, ampleur, rythme des changements), de sa **sensibilité** (conséquences possibles) et de sa **capacité d'adaptation**. La capacité d'adaptation (ou adaptabilité) correspond ici à la capacité d'ajustement d'un système face au changement climatique (y-compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences¹⁶.

A titre d'illustration, en cas de période de forte chaleur (aléa), la vulnérabilité d'un territoire sera fonction :

- de son degré d'**exposition** à l'augmentation des températures ;
- de ses caractéristiques socio-économiques telles que la présence de populations fragiles (plus de 75 ans par exemple), qui vont conditionner sa **sensibilité** à l'aléa chaleur ;
- de sa **capacité d'adaptation** (systèmes de prévention en place, accès aux équipements d'urgence...).

Ces notions sont illustrées dans la Figure 6.

¹⁵ GIEC, 2007

¹⁶ GIEC, 2007

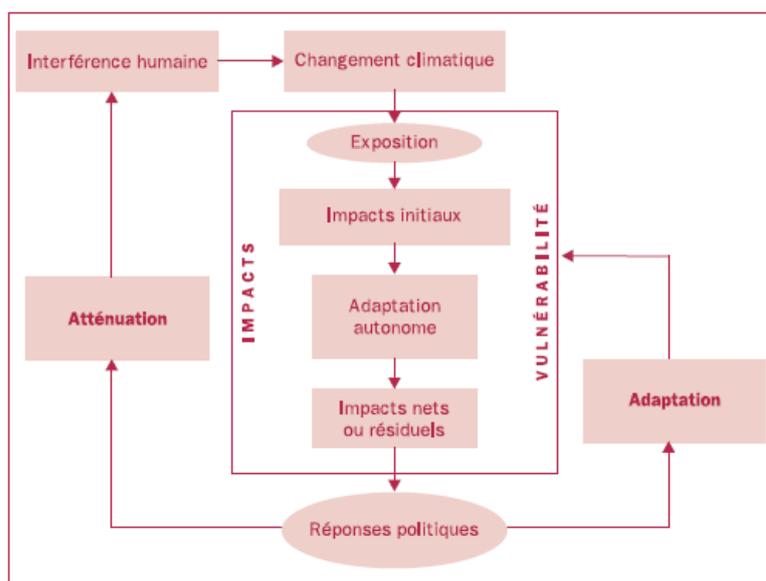


Figure 6 – Illustration de l'articulation entre impacts, vulnérabilité et adaptation (ONERC, d'après le Troisième Rapport du GIEC)

Dans cette perspective, les processus d'adaptation à enclencher par l'action publique visent à réduire la vulnérabilité des systèmes ou territoires, avec des actions qui permettent de réduire les impacts effectifs ou d'améliorer la capacité d'adaptation, soit par exemple :

- anticiper et limiter les dégâts éventuels (par intervention sur les paramètres qui vont déterminer l'ampleur des dégâts : urbanisation des zones à risques par exemple) et profiter des opportunités éventuelles ;
- supporter les changements (y-compris en termes de variabilité et d'événements extrêmes) ;
- réagir et faire face aux conséquences ou se remettre des dégâts.

I.2.2 Une synergie à trouver entre différents types d'adaptation

A chaque impact potentiel correspond un ensemble d'actions d'adaptation possibles qui seront déterminées en fonction des caractéristiques locales et des stratégies d'acteurs : en cas d'enneigement naturel régulièrement insuffisant, les stations de ski concernées peuvent opter pour les canons à neige ou pour une évolution de leurs activités ; en cas de sécheresse à répétition, le secteur agricole peut choisir d'ajuster son système de cultures pour ne développer que des cultures peu consommatrices d'eau ou miser sur l'irrigation ; en cas d'activité cycloniques de plus en plus fréquentes, une solution de logements fragiles mais peu chers et faciles à reconstruire peut être préférée à une solution plus onéreuse – à court terme - de constructions anticycloniques... C'est en général un ensemble de mesures qui se mettent en place, avec des échelles de temps différentes, avec des coûts de mise en œuvre différents.

Les actions d'adaptation peuvent ainsi être multiples pour un impact donné. Or dans un objectif de synergie entre des actions menées par des acteurs différents et

d'optimisation du coût global, il est nécessaire d'identifier les différents types d'actions possibles.

Plusieurs typologies d'actions d'adaptation sont définies dans la littérature¹⁷, basées sur les critères suivants : degré de spontanéité de l'action d'adaptation, degré d'inertie et d'irréversibilité :

- En fonction du degré de spontanéité de l'action d'adaptation :
 - *Adaptation spontanée* : adaptation qui ne constitue pas une réaction réfléchie aux stimuli climatiques, mais qui résulte de changements écologiques des systèmes naturels ou anthropiques ;
 - *Adaptation planifiée* : adaptation qui résulte de décisions stratégiques délibérées, fondées sur une perception claire des conditions qui ont changé - ou qui sont sur le point de changer – et sur les mesures qu'il convient de prendre pour revenir, s'en tenir ou parvenir à la situation souhaitée.

En pratique, la notion d'adaptation spontanée est difficile à isoler : pour définir de manière pragmatique les actions d'adaptation spontanée, on peut considérer qu'elles correspondent à une adaptation réalisée par les acteurs socio-économiques (sans intervention publique en référence au changement climatique) de manière indépendante sans que cela entraîne un changement radical d'activités - suppression d'activité, déplacement de population, etc.

- En fonction du degré d'inertie et d'irréversibilité¹⁸ :
 - *Mesures non réversibles* ou avec une durée de vie importante qui ne permet pas un remplacement prématuré (cas de l'habitat ou des ouvrages de génie civil) ;
 - *Mesures d'adaptation inertes*, avec délais de mise en place très élevés : modification de valeurs par exemple, avec possibilité d'accélérer les processus mais à coûts élevés ; cas de la recherche, par exemple, ou de la mise en place d'institutions.

S'il peut être difficile de distinguer ces différentes formes d'adaptation, l'intérêt d'une telle typologie est de montrer la diversité des mesures et la complémentarité à rechercher, notamment entre des mesures proactives menées par l'action publique et la capacité des agents privés à s'adapter de façon réactive¹⁹ (par exemple via la mise en place de réseaux de surveillance climatique). La compréhension des différents types d'adaptation est également essentielle dans une perspective d'évaluation des coûts et de définition de plan d'actions.

¹⁷ Voir notamment : Dumas, 2006

¹⁸ Dumas, 2006

¹⁹ Dumas, 2006

I.2.3 Liens entre adaptation et atténuation

I.2.3.1 Deux approches complémentaires

Atténuation et adaptation : ces deux approches sont complémentaires. Il est important en effet de noter que ni l'adaptation ni l'atténuation isolées ne permettront de prévenir totalement les effets du changement climatique²⁰.

Sans une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre (atténuation), on risque d'atteindre un seuil critique au-delà duquel l'adaptation pourrait devenir extrêmement difficile, voire impossible. Certains effets du changement climatique sont par ailleurs déjà observés et même si les efforts d'atténuation portent leurs fruits, le climat continuera de se modifier du fait de la durée de vie des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (de 100 ans pour le CO₂ à des milliers d'années pour les gaz fluorés) et de l'inertie du cycle de l'eau, rendant l'adaptation indispensable.

Dans cette perspective, la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) souligne la nécessité de trouver une synergie dans les ressources à consacrer respectivement à l'atténuation et à l'adaptation, car c'est le niveau d'effort porté sur ces deux composantes qui déterminera le degré de risque lié aux impacts du changement climatique²¹.

I.2.3.2 Deux problématiques différentes

Présentées par la CCNUCC comme les deux réponses conjointes au changement climatique, l'atténuation et l'adaptation diffèrent fondamentalement en plusieurs points. Selon Klein *et al.* (2005), les quatre différences majeures entre ces deux approches sont les suivantes :

- **L'échelle géographique** : quelle que soit l'échelle de mise en œuvre, les bénéfices des mesures d'atténuation sont globaux, tandis que l'adaptation est réalisée en général au niveau local (bien qu'elle soit coordonnée à des échelles plus larges – nationale, européenne) et apporte des bénéfices à l'échelle du système impacté.
- **L'échelle temporelle** : les bénéfices d'une politique d'atténuation menée aujourd'hui seront mis en évidence des décennies plus tard, du fait de la longue durée de vie des GES dans l'atmosphère. En revanche, certaines mesures d'adaptation mises en œuvre aujourd'hui auront des bénéfices à court terme, en réduisant la vulnérabilité à la variabilité climatique (notons que d'autres ne seront efficaces que sur le long terme – par exemple : redéfinition des normes de construction).
- **Le nombre et la nature des acteurs impliqués** : l'atténuation implique en grande partie des grands émetteurs (acteurs du secteur de l'énergie, des transports...), habitués à prendre des décisions d'investissement à long-terme. Les acteurs de l'adaptation sont plus nombreux et appartiennent à des secteurs plus variés, incluant la santé, la biodiversité ou encore la gestion des côtes.

²⁰ GIEC, 2007

²¹ Article 2 de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, Section 4

- **La comptabilisation des coûts et des bénéfices** : l'efficacité des mesures d'atténuation peut être mesurée à l'aide d'une même unité - la tonne d'équivalent CO₂ évitée. Une métrique unique est plus difficile à trouver pour comparer différentes mesures d'adaptation (dommages monétaires évités, vies humaines sauvées...), rendant difficile la comparaison entre différentes mesures et donc la prise de décision.

Ces dernières raisons expliquent en partie le fait que malgré la nécessité de prévenir les risques liés au changement climatique, **les décideurs ont jusqu'à présent principalement initié des politiques d'atténuation.**

I.2.3.3 Conflits et synergies

En dépit des différences entre les approches d'atténuation et d'adaptation, il est nécessaire de développer et de tirer profit des synergies entre ces deux options.

On parle de synergies lorsque les moyens de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre participent également à réduire les conséquences adverses du changement climatique ; et réciproquement. On citera l'exemple du développement de la végétation en milieu urbain, qui favorise le stockage de carbone (atténuation) et peut contribuer à limiter l'effet d'îlot de chaleur en cas de canicule (adaptation).

A l'inverse, des conflits potentiels peuvent émerger entre adaptation et atténuation. Ceux-ci doivent être soulignés afin d'être systématiquement étudiés en amont des stratégies de lutte contre le changement climatique. A titre d'exemple, favoriser une forte densité en milieu urbain permet d'incorporer des systèmes d'approvisionnement énergétique permettant de réduire les émissions de GES, mais peut contribuer également à créer des îlots de chaleur urbains²². Soulignons que l'apparition de synergies/de conflits dépend fortement du contexte local dans lequel les mesures sont mises en œuvre.

I.2.4 Le concept de mal-adaptation

Si atténuation et adaptation ne vont pas toujours dans le même sens, ce qui est souligné dans le paragraphe précédent, l'adaptation peut aussi conduire à des résultats non-conformes aux attentes et les risques de mal-adaptation ne doivent pas être sous-estimés. Cette notion de mal-adaptation est définie par le GIEC de la manière suivante : un changement dans les systèmes naturels ou humains qui conduit – de manière non intentionnée - à **augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire.**

Une explication plus pragmatique est proposée par Downing²³ pour lequel une situation de mal-adaptation correspond à l'une des situations suivantes :

- utilisation inefficace de ressources comparée à d'autres options d'utilisation (par exemple, faire en sorte que chaque investissement soit calibré par rapport au changement climatique engendrerait un surcoût qui ne serait sans doute pas profitable à l'ensemble de la société) ;

²² Laukkonen *et al.*, 2009

²³ Downing *et al.*, 2005

- transfert de vulnérabilité : d'un système à un autre, mais également d'une période à une autre (une mesure peut être positive sur une période et négative ensuite, ou inversement) ;
- réduction de la marge d'adaptation future (mesures qui limitent la flexibilité éventuelle, par exemple, plantation d'essences d'arbres à rotation longue) ;
- erreur de calibrage : sous-adaptation ou adaptation sous-optimale (cf. ci-après).

Etant donné le contexte d'incertitude de la prise de décision en matière de changement climatique, l'erreur de calibrage est un axe potentiel important de mal-adaptation. L'analyse proposée par Callaway et reprise dans le rapport Stern²⁴ illustre ces différentes situations en fonction de la réalité du changement et de l'efficacité des mesures d'adaptation définies, situations présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 - Efficacité des mesures d'adaptation en fonction de la réalité du changement (Stern, 2006)

	Adaptation au climat initial (A0)	Adaptation au climat modifié (A1)
Climat initial (temps T0)	Société adaptée au climat	Société ayant pris en compte une modification du climat qui n'a pas eu lieu (plus largement, qui a eu lieu de manière différente, en regroupant ici les différents cas de mal-adaptation)
Climat modifié (temps T1)	Société n'ayant pas pris en compte une modification du climat qui a eu lieu (inaction)	Société adaptée au climat

Prendre la mesure du risque de mal-adaptation, c'est notamment privilégier le choix de stratégies « **sans regret** », qui permettent de réduire la vulnérabilité au changement climatique tout en ayant des bénéfices immédiats, leur pertinence et leur efficacité étant indépendantes de l'incertitude sur les évolutions climatiques. Les actions d'amélioration de la capacité d'adaptation sont souvent considérées comme des mesures « sans regret » dans la mesure où elles rendent la société moins vulnérable à un ensemble de pressions (y compris à la variabilité climatique), quel que soit le niveau effectif du changement.

I.2.5 La prise de décision en univers incertain

Etant donné le contexte présenté précédemment, on se trouve donc – pour la prise de décision – dans un univers incertain et controversé, ce qui souligne l'intérêt de certaines méthodes spécifiques, à savoir notamment :

- l'utilisation de probabilités ;
- la mise en valeur de seuils critiques (seuils d'irréversibilité notamment) ;

²⁴ Stern, 2006

- la mise en place d'approches participatives afin d'impliquer les acteurs concernés dans l'analyse ;
- la priorité à la recherche de solutions flexibles, révisables ou de stratégies « sans regret ».

Certaines solutions pratiquées à l'étranger pour la définition de stratégies d'adaptation illustrent ici des modes de prise en compte de ce contexte d'incertitude (Source : S. Hallegatte) :

- L'institutionnalisation de la planification à long terme : en Californie, tous les distributeurs d'eau doivent établir un plan à 25 ans, révisé tous les cinq ans. Cette solution présente l'avantage de créer des liens et des réseaux entre les différents acteurs ;
- La sélection de stratégies « sans regret » : à Copenhague, les débits des systèmes de drainage sont systématiquement augmentés de 70% par rapport aux besoins actuels, taux permettant d'assurer le bon fonctionnement des installations quel que soit le scénario climatique envisagé ;
- La valorisation des stratégies réversibles et flexibles, par exemple, le fait que l'urbanisation d'une zone est une décision difficilement réversible doit être pris en compte ;
- La réduction de la durée de vie des investissements : dans le domaine de la gestion forestière, il s'agit par exemple de planter des espèces d'arbres à temps de rotation plus court, afin de garder une marge de manœuvre d'adaptation en fonction des changements climatiques effectifs.

NB : ces exemples ne doivent pas être pris comme mesures d'adaptation exemplaires, mais ont valeur d'illustration des différentes stratégies en situation d'incertitude.

Encadré 5 – La notion de stratégie adaptative

En termes de stratégies d'adaptation « sans regret », le groupe Biodiversité a introduit la notion de « **stratégie adaptative** ». Il s'agit d'un mode d'adaptation qui, dans un contexte de forte incertitude et de manque de connaissance sur les réactions des écosystèmes au changement climatique, permet d'augmenter le potentiel d'adaptation et la résilience des écosystèmes et d'infléchir la gestion de l'adaptation au fil du temps, en fonction des observations.

Il est intéressant de prendre en compte ce concept dans la gouvernance des territoires, car il préserve la capacité d'adaptation intrinsèque des écosystèmes tout en maintenant la possibilité d'intervenir en fonction des évolutions constatées. En ce sens, il s'agit d'une gouvernance prudente, graduée et flexible.

Dans le même esprit, le groupe Forêt a distingué adaptation préventive et adaptation réactive.

I.2.6 La question des coûts

Le changement climatique observé et attendu aura des impacts économiques sur tous les secteurs d'activité. Cet enjeu pose de réels défis analytiques et politiques²⁵.

²⁵ OCDE, Expert Workshop on Economic Aspects of Adaptation to Climate Change, 7-8 avril 2008

D'une part, l'hétérogénéité des mesures d'adaptation rend difficile l'évaluation des coûts et bénéfices. Une mesure d'adaptation à un aléa donné peut en effet prendre des formes très différentes pour répondre à un même risque et permettre la réduction de la vulnérabilité. Ainsi, la gestion du risque d'inondation (l'adaptation à l'existence de ce risque – aléa x enjeux) comporte différents volets, complémentaires mais de natures très différentes : information, développement de systèmes d'alerte précoce, actions sur l'urbanisation voire construction de protections. Le coût et les bénéfices de chaque action deviennent des critères de décision du mode d'adaptation. C'est la raison pour laquelle il est désormais nécessaire de développer notre capacité à quantifier le coût et les bénéfices monétaires du changement climatique et de l'adaptation.

D'autre part, s'il existe un indicateur clair de l'efficacité des mesures d'atténuation (la réduction des émissions de GES), la création d'indicateurs de suivi des bénéfices des mesures d'adaptation constitue un véritable défi. Cet indicateur devient de plus en plus indispensable, que ce soit dans le cadre de projets particuliers ou dans un contexte global où les décisions prises doivent être considérées sous l'angle du coût de l'adaptation, du coût de l'atténuation et des éventuels dommages résiduels résultants du changement climatique.

On notera par ailleurs que les estimations sont généralement faites au niveau agrégé et mondial. Les évaluations au niveau national sont relativement récentes.

Encadré 6 - Evaluation des coûts des impacts

La quantification des impacts du changement climatique est un exercice complexe, dépendant à la fois de l'incertitude sur des scénarios socio-économiques à très long terme, sur l'ampleur des modifications auxquelles il faudra faire face, et sur le degré d'adaptation considéré. On se limitera ici (i) aux développements récents d'une étude de Parry *et al.* (2009) différenciant l'impact avec et sans adaptation, en utilisant le même modèle que (ii) le rapport Stern. (2006).

Coûts annuels des impacts globaux dans le MONDE (milliards de dollars US)			
	Optimiste	Pessimiste	Horizon
Rapport Parry et al. (2009)	1 900	2 400	2060 sans adaptation
	1 200	1 500	2060 avec adaptation
Rapport Stern (2006)	1 500	6 000	actuel et à venir

Les valeurs ci dessus font appel à un modèle commun, PAGE2002. Le détail des chiffres montre qu'au delà de l'incertitude et du degré d'adaptation, des impacts négatifs sont projetés.

L'adaptation épargnerait, d'après l'étude de Parry *et al.*, entre 700 et 900 milliards de \$ d'impacts négatifs.

Sources : Stern N. (2006), "The economics of climate change : the Stern review", Cambridge University Press.

Hope C. in Parry M. *et al.* (2009), "Assessing the cost of adaptation to climate change : a review of the UNFCCC and other recent estimates", IIED et Grantham Institute for Climate Change, London, pp 100-111.

Encadré 7 - Evaluation des coûts de l'adaptation

La quantification des coûts de l'adaptation au changement climatique est un exercice complexe lié aux contraintes déjà exposées pour les calculs des coûts des impacts. La diversité des estimations faites au niveau international reflète la difficulté de cet exercice, son degré d'incertitude et met en relief l'ampleur des phénomènes considérés.

Coûts annuels globaux de l'adaptation MONDE (milliards de dollars US)			
	Optimiste	Pessimiste	Horizon
Rapport Parry et al. (2009)	422	476	2030
UNFCCC (2007)	49	171	2030
Rapport Stern* (2006)	300	600	actuel et à venir
Coûts annuels globaux de l'adaptation PAYS EN DEVELOPPEMENT (milliards de dollars US)			
	Optimiste	Pessimiste	Horizon
UNFCCC (2007)	27	66	2030
Rapport Stern* (2006)	4	37	actuel et à venir
PNUD (2007)	86	109	2015
Oxfam (2007)	50	>> 50	actuel et à venir
Banque Mondiale (2006)	9	41	actuel et à venir

*Les coûts du rapport Stern sont en réalité des coûts dits « d'action » qui correspondent à des actions d'atténuation plus que d'adaptation.

L'ensemble de ces estimations ne prétend pas être exhaustif. Compte tenu de la diversité des méthodologies utilisées, il est difficile de comparer ces chiffres entre eux au delà de leurs ordres de grandeur, globalement cohérents. On retiendra que les coûts d'adaptation restent très largement inférieurs aux coûts qu'ils permettraient d'éviter (cf. Encadré 6).

Source : Agrawala S. et Frankhauser (2008), "Economic aspects of adaptation to climate change", Paris, OECD.

Parry M. et al. (2009), "Assessing the cost of adaptation to climate change : a review of the UNFCCC and other recent estimates", IIED et Grantham Institute for Climate Change, London.

I.3 L'adaptation dans le contexte international, européen, national

I.3.1 Contexte international

Au niveau international, les politiques d'adaptation commencent à s'organiser. Les rapports d'évaluation du GIEC ont participé à cette prise de conscience, avec la création dès le premier rapport du GIEC d'un groupe de travail spécifique sur les impacts du changement climatique et l'adaptation.

L'adoption à Bali en décembre 2007 de l'adaptation comme l'un des cinq blocs de négociation post-2012 constitue un pas important vers la mise en œuvre de politiques internationales cohérentes et actives.

Néanmoins, s'il existe un consensus sur la nécessité de s'adapter au changement climatique, plusieurs questions font aujourd'hui débat. Le champ est en effet nouveau et le thème très ouvert sur le fond : sont notamment à traiter les questions de coopération internationale pour soutenir la mise en œuvre d'actions d'adaptation (notamment par des apports financiers et technologiques des pays industrialisés aux

pays en développement - PED), ainsi que les stratégies de gestion du risque. Le besoin de financement est estimé à plusieurs dizaines de milliards d'euros par an : à l'horizon 2030 la CCNUCC estime ces besoins à 28 à 67 milliards de dollars par an pour les PED, et 21 à 104 milliards de dollars par an pour les pays développés (Voir Encadré 7).

Des mécanismes prévus par la CCNUCC existent déjà pour le financement de l'adaptation : trois fonds internationaux mis en place en 2001 (Figure 7) et gérés par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), entité financière opérationnelle de la CCNUCC, financent actuellement les mesures d'adaptation, avec un budget annuel de quelque 300 millions d'euros, qui reste encore loin des besoins estimés.

Ainsi, de nouveaux mécanismes de financement de l'adaptation ont été posés sur la table des négociations, mais à ce jour aucune de ces propositions n'est soutenue par une coalition de pays suffisamment large. L'adaptation au changement climatique et la question de son financement seront donc des enjeux majeurs des négociations de la Conférence des Parties de Copenhague en décembre 2009 (COP 15).

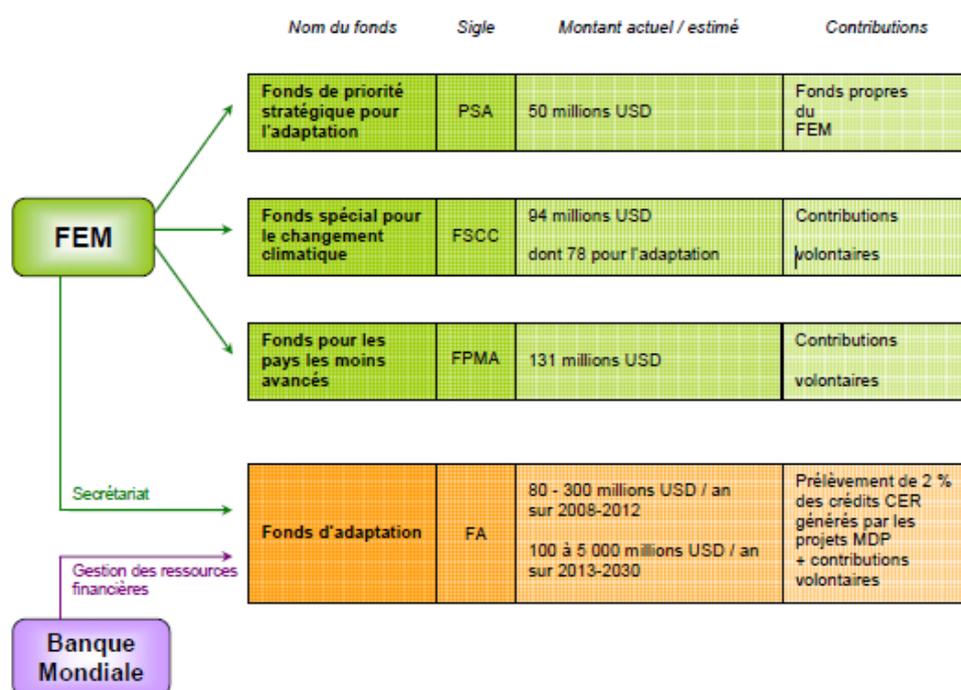


Figure 7 – Mécanismes de financement de l'adaptation (Mission Climat de la Caisse des Dépôts)

I.3.2 Contexte européen

Si les pays en développement seront vraisemblablement les premiers touchés par le changement climatique, les pays développés et notamment l'Europe, ne seront pas épargnés.

I.3.2.1 L'action de l'Union Européenne

Bien que l'adaptation renvoie principalement à des enjeux nationaux et locaux, il existe aussi un intérêt communautaire à agir : les mesures prises au niveau national, régional ou local doivent être appuyées et renforcées par une approche intégrée et

coordonnée au niveau communautaire. L'UE a par ailleurs un rôle déterminant à jouer dans les cas où les effets du changement climatique dépassent les frontières des Etats Membres (par exemple, bassins fluviaux et maritimes et régions biogéographiques terrestres et marines) ; et aussi en raison de la forte intégration communautaire de plusieurs secteurs (agriculture et pêche, eau, réseaux d'énergie). Ce rôle est formalisé en 2007 par le Livre Vert européen sur l'adaptation, encourageant la participation des Etats-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. Il souligne la nécessaire mise en commun des efforts de recherche et d'observations, notamment du fait de l'intégration de certains secteurs au niveau de l'UE par le biais du marché unique et des politiques communes (agriculture, eau, biodiversité, pêche et réseaux énergétiques, par exemple).

En avril 2009 a été publié le Livre Blanc de la Commission Européenne sur l'adaptation au changement climatique, qui traduit ces orientations par des actions à mener par l'Europe et ses pays membres. Le Livre Blanc pose un cadre d'action pour l'UE, articulé en deux phases. L'objectif de la première (2009-2012) 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. Le Livre Blanc préconise notamment de procéder à des évaluations des coûts et avantages de l'adaptation d'ici 2011. La deuxième phase consistera à élaborer pour 2013 une stratégie communautaire complète d'adaptation au changement climatique.

Encadré 8 - 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

- Élaborer des lignes directrices et mettre au point des mécanismes de surveillance relatifs aux incidences du changement climatique sur la santé pour 2011 ;
- Renforcer les systèmes de surveillance des maladies animales existantes et de lutte contre ces maladies ;
- Évaluer les incidences du changement climatique et des mesures d'adaptation sur l'emploi et sur le bien-être des catégories sociales vulnérables ;

3- Renforcer la résilience du secteur agricole et des forêts

- Assurer la prise en considération des mesures d'adaptation et de gestion de l'eau dans les stratégies et programmes nationaux de développement rural pour la période 2007-2013 ;
- Étudier les moyens d'intégrer l'adaptation dans les trois volets du développement rural et d'apporter le soutien nécessaire à la production durable, y compris la manière dont la PAC peut contribuer à promouvoir une utilisation rationnelle de l'eau dans le secteur agricole ;
- Examiner la capacité du système de conseil agricole à renforcer la formation et les connaissances en matière de nouvelles technologies facilitant l'adaptation et à encourager l'adoption de celles-ci ;
- Actualiser la stratégie forestière et lancer un débat sur les approches communautaires possibles en matière de protection des forêts et de systèmes d'information sur les forêts ;

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

- Étudier les possibilités d'améliorer les politiques et d'élaborer des mesures pour lutter tant contre la perte de biodiversité et que contre le changement climatique, dans le cadre d'une approche intégrée ;
- Élaborer, pour la fin de l'année 2009, des lignes directrices et une série d'instruments permettant la mise au point de plans de gestion des bassins hydrographiques qui intègrent tous les aspects de la résistance au climat ;
- Veiller à ce qu'il soit tenu compte du changement climatique dans la mise en œuvre de la directive « Inondations » ;
- Apprécier la nécessité éventuelle d'arrêter des mesures supplémentaires pour promouvoir une utilisation plus efficace de l'eau dans le secteur agricole, dans les foyers et dans les bâtiments ;
- Étudier les politiques et mesures possibles pour augmenter la capacité de stockage de l'eau des écosystèmes en Europe ;
- Rédiger des lignes directrices pour 2010 sur la prise en considération des effets du changement climatique dans la gestion des sites Natura 2000 ;

Actions préconisées par le Livre Blanc (suite)

5- Renforcer la résilience des zones côtières et marines

- Veiller à ce qu'il soit tenu compte de l'adaptation dans la politique maritime intégrée, dans la mise en œuvre de la directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin », et dans la réforme de la politique commune de la pêche (PCP) ;
- Rédiger des orientations communautaires sur l'adaptation dans les zones côtières et marines

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

- Prendre en considération les incidences du changement climatique dans le cadre de l'analyse stratégique de la politique énergétique ;
- Définir des méthodes pour la conception de projets d'infrastructures « à l'épreuve du climat » et étudier comment les intégrer dans les lignes directrices applicables aux programmes RTE-T et RTE-E et dans les orientations sur les investissements au titre de la politique de cohésion pour la période actuelle ;
- Examiner la possibilité de faire de l'évaluation de l'incidence des climats une condition préalable aux investissements publics et privés ;
- Évaluer la possibilité d'intégrer les incidences du changement climatique dans les normes de construction (par ex. les eurocodes) ;
- Élaborer d'ici à 2011 des lignes directrices visant à assurer la prise en considération des incidences du changement climatique dans les directives EIE et ESIE ;

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 SCEQE à des fins d'adaptation ;

8- Partenariat entre Etats 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 (CCNUCC)

- Redoubler d'efforts pour que l'adaptation fasse partie intégrante de toutes les politiques extérieures de l'UE ;
- 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.

I.3.2.2 Les initiatives des Etats Membres

La question de l'adaptation au changement climatique a été mise à l'agenda politique beaucoup plus tard que celle de l'atténuation. En 2004, la Finlande a été le premier

pays d'Europe à adopter une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique. Depuis ces dernières années, l'adaptation est vue comme le complément indispensable aux actions engagées autour de l'atténuation et de nombreux pays se sont investis dans l'élaboration de stratégies nationales. Bien que ces stratégies soient spécifiques aux environnements des pays respectifs, elles ont en commun d'identifier les vulnérabilités et de donner des recommandations pour la prise en compte de l'adaptation dans les politiques sectorielles. La phase de planification concrète, le plan national d'adaptation, doit ensuite être élaboré en continuation de ces stratégies.

Un récent rapport du Partenariat pour la Recherche Environnementale Européenne (PEER) a réalisé une étude critique et comparative de dix stratégies mises en œuvre en Europe²⁶. La revue dresse le bilan d'ensemble suivant sur les différentes thématiques jugées centrales par les auteurs.

Tableau 4 - Matrice récapitulative des dix stratégies nationales revues par le PEER (adaptée de PEER, 2009)

	Engagement politique	Interface science & politique	Stratégie de communication	Gouvernance	Intégration politiques sectorielles	Suivi, évaluation et revue
Allemagne	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Danemark	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Espagne	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Finlande	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
France	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Pays-bas	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Royaume - Uni	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
<u>Etats sans stratégie formalisée à ce jour</u>						
Portugal	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort
Lettonie	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort

Légende						
Fort	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 multi-niveaux formalisée et coordination des mesures d'adaptation en place	Mesures d'adaptation intégrées dans la plupart des politiques sectorielles	Mécanisme de suivi et de revue de la stratégie formalisés

²⁶ Swart R. *et al.*, 2009.

	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 multi-niveaux formalisée et coordination des mesures d'adaptation planifiée	Mesures d'adaptation partiellement intégrées dans les politiques sectorielles	Mécanisme de suivi et de revue de la stratégie informels
	Engagement politique et des parties prenantes limités	Pas d'interface science/politique	Pas de communication ni de portails d'information	Gouvernance multi-niveaux 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

La stratégie française n'est pas considérée comme la plus complète ; les auteurs jugeant que la gouvernance pour la mise en œuvre de la stratégie et son mécanisme de suivi évaluation ne sont pas suffisamment précisés.

Au delà de cet aspect comparatif, on remarquera que sur les sept pays disposant de stratégies consignées dans ce tableau, trois ne l'ont publié qu'en 2008 (Allemagne, Danemark et Royaume-Uni) ce qui témoigne bien de la dynamique récente de ces approches stratégiques.

I.3.3 Contexte national

Le 13 novembre 2006, la France a adopté une **Stratégie nationale d'adaptation**, approuvée par le Comité interministériel pour le développement durable²⁷.

Le **Plan Climat 2004**, actualisé en 2006, préconisait en particulier la mise en place d'un **Groupe interministériel** chargé de produire une évaluation des coûts des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France. Ce Groupe a été mis en place en mars 2007 et a soumis un rapport de première phase en 2008 proposant une caractérisation qualitative des impacts du changement climatique par secteur et la définition d'un cadre méthodologique commun.

Le présent rapport de seconde phase du Groupe interministériel s'est attaché à une évaluation quantifiée du coût des impacts et à l'identification des mesures d'adaptation associées dans les lignes tracées par le Plan Climat. Il pourra constituer l'une des bases de travail de la **concertation nationale** sur l'adaptation qui débutera fin décembre et se déroulera au long de l'année 2010 pour aboutir à des propositions de mesures utiles à l'élaboration d'un **Plan National d'Adaptation** prévu d'ici 2011. Ce plan doit être envisagé comme un processus dynamique et évolutif : non figé, il se consolidera et s'alimentera au fur et à mesure de l'avancée des connaissances.

La Figure 8 replace les présents travaux dans le contexte national relatif à l'adaptation au changement climatique.

²⁷ Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique, 2007, téléchargeable sur le site de l'ONERC

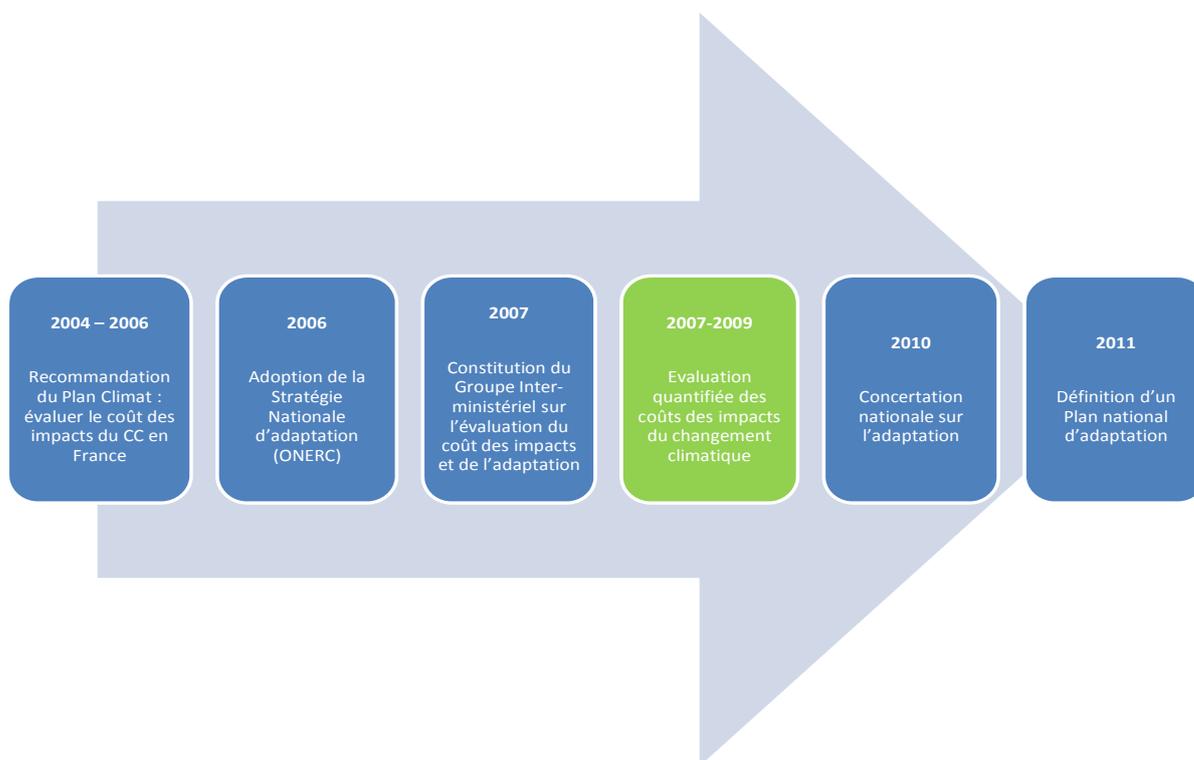


Figure 8 – L'adaptation : contexte national

Bien que la réduction de la vulnérabilité des territoires au changement climatique soit un objectif affiché des Plans climat territoriaux, on remarque que, jusqu'à présent, l'attention s'est principalement portée vers les objectifs d'atténuation dans les politiques locales de lutte contre le changement climatique. Pour inscrire l'adaptation dans les politiques locales, le Plan National d'Adaptation devra trouver sa **déclinaison territoriale** dans les Plans climat-énergie territoriaux et dans les Schémas régionaux - climat air énergie.

I.4 Objectifs et organisation du Groupe interministériel

I.4.1 Intérêt et objectifs

Le travail du Groupe interministériel s'est articulé en deux phases :

- **Première phase** (2007-2008) : analyse de l'existant, caractérisation qualitative des impacts du changement climatique par secteur ; définition d'un cadre méthodologique. Cette phase a donné lieu à un rapport de première phase²⁸. Des besoins d'études complémentaires ont été identifiés et réalisés par certains groupes thématiques pour la seconde phase ;

²⁸ D4E / ONERC, 2008.

- **Deuxième phase** (2008-2009) : évaluation quantifiée du coût des impacts du changement climatique et identification des mesures d'adaptation associées.

La deuxième phase d'étude vise ainsi à une **première évaluation chiffrée**, dans une approche sectorielle, des impacts liés au changement climatique et des mesures d'adaptation associées, basée sur le travail d'état des lieux réalisé en phase 1. L'objectif est d'obtenir des éléments quantifiés dans une perspective d'aide à la décision publique. L'évaluation n'a pu être systématiquement chiffrée pour autant.

L'une des spécificités de ce travail réside dans le fait qu'il est, pour l'essentiel, accompli par les administrations concernées, associées à des experts des sphères publiques et privées, avec pour objectif un premier travail commun de réflexion et de concertation. Dans cette perspective également, le travail 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.

Encadré 9 - Quelques travaux similaires à ceux du Groupe Interministériel

Les exercices d'évaluation des impacts et des coûts d'adaptation tels que présentés dans ce rapport sont encore relativement innovants. Peu de pays ont effectivement mené des analyses détaillées des coûts des impacts et très peu ont chiffré les coûts de l'adaptation. Les principaux travaux sont les suivants :

1. le rapport Stern (2006) qui a travaillé sur une analyse macroéconomique globale. Il estime le coût de impacts entre 5 et 20% du PIB mondial et le coût de l'adaptation à 1%. Rapporté mécaniquement au cas Français, cela représenterait des **impacts de l'ordre de 50-200€ / an** et un **coût d'adaptation de 10€ / an**, à l'horizon actuel et à venir ;
2. Une analyse détaillée de différents secteurs réalisée par le Ministère de l'Environnement britannique (2006), non exhaustive, chiffre le surcoût global à l'horizon 2080 à **28 G£ / an** pour le Royaume-Uni^a. Les coûts de l'adaptation n'ont pas pu être calculés ;
3. Une analyse détaillée de différents secteurs réalisée l'Université de Berkeley (2008), non exhaustive, chiffre le surcoût global annuel du changement climatique entre **7 et 47 GUS\$ / an** à l'horizon 2050 pour le seul état de Californie^b. Les coûts de l'adaptation n'ont pas pu être calculés.

Sources

a : Metroeconomica Ltd. (2006) Quantify the Cost of Impacts and Adaptation. Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-Regional Research Programme, UK DEFRA.

b : F. Kahrl & D. Roland-Holst (2008), California Climate Risk and Reponse, Research paper n°08102801, University of California, Berkeley, 127 pp.

I.4.2 Organisation des travaux

Le Groupe interministériel est composé dans sa deuxième phase d'un **Groupe plénier** piloté par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) - Département de lutte contre l'effet de serre et ONERC – du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer ; et de dix groupes thématiques, pilotés par les Ministères et directions concernées :

- **Groupe Santé** – piloté par la Direction Générale de la Santé (Ministère de la Santé et des Sports) ;
- **Groupe Agriculture** – piloté par la Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires (Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche) ;
- **Groupe Forêt** - piloté par la Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires (Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche) ;
- **Groupe Eau** – piloté par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) ;
- **Groupe Infrastructures de transports et cadre bâti** – co-piloté par le Commissariat Général au Développement Durable (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) et par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment ;
- **Groupe Energie** – piloté par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) ;
- **Groupe Tourisme** – contributions apportées par la Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services (Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi) et par deux études spécifiques sur le tourisme (étude CIRED-SOGREAH et enquête TEC-CREDOC) ;
- **Groupe Risques naturels et assurance** – piloté par la Direction Générale de la Prévention des Risques (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) ;
- **Groupe Territoires** – piloté par la Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité des Territoires (DIACT / Ministère de l'Intérieur), rapporteur ADEME ;
- **Groupe Biodiversité** – piloté par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer).

Un **groupe restreint « méthodologie »** s'est par ailleurs réuni ponctuellement pour traiter de points méthodologiques spécifiques communs.

Dans la première phase des travaux (2007-2008), le Groupe interministériel comptait sept groupes : la thématique eau était rattachée au groupe Agriculture-Forêt et la thématique biodiversité n'avait pas été formellement abordée. La première phase a permis de souligner le besoin de groupes autonomes pour ces thématiques.

Le rapport intermédiaire, publié à l'issue de la première phase²⁹, a résulté d'une demi-douzaine de réunions du groupe méthodologique restreint, d'une dizaine de réunions plénières (une quarantaine de membres de l'administration et de partenaires associés), d'une trentaine de réunions des groupes sectoriels, tous secteurs confondus

²⁹ D4E / ONERC, 2008

et d'un séminaire plénier de restitution ouvert à quelques partenaires extérieurs, visant à recenser notamment les interactions sectorielles.

Le présent rapport, rapport de deuxième phase du Groupe interministériel, résulte de 5 réunions du groupe plénier ; d'une trentaine de réunions des groupes thématiques, d'une réunion du groupe méthodologie et d'une journée « atelier méthodologie » CIRED ouverte à tous les membres des groupes thématiques, visant à discuter de méthodologies d'évaluation et à assurer une cohérence d'ensemble des quantifications.

II Méthodologie

Pour assurer la cohérence dans les travaux des dix groupes sectoriels, un cadre méthodologique commun a été proposé dans la première phase des travaux. Quelques points spécifiques ont été ajustés dans la deuxième phase.

II.1.1 Hypothèses de travail transversales

II.1.1.1 Cadrage général : une évaluation désagrégée

Au vu des connaissances disponibles et de la difficulté de l'exercice, celui-ci est considéré comme une **première étape**, un premier pas vers une évaluation plus complète du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation. Dès le démarrage des travaux, 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'est pas d'aboutir à un résultat global pour la France. A ce stade, les travaux thématiques ne visent pas l'exhaustivité : seuls certains impacts ont été évalués de manière quantitative.

II.1.1.2 Le périmètre considéré

Pour des raisons de faisabilité et de pragmatisme et afin d'assurer une certaine cohérence entre les travaux sectoriels, un cadrage du périmètre d'investigation a été proposé.

Les éléments suivants ont été exclus du champ global de l'étude, mais ont pu être étudiés au cas par cas lorsque les groupes sectoriels l'ont jugé pertinent :

- les impacts sur les **DOM-COM et la Nouvelle-Calédonie** : les évolutions climatiques sur ces territoires doivent donner lieu à une prise en compte spécifique. Le groupe Biodiversité a choisi d'étudier les DOM-COM de manière complémentaire ;
- les impacts de **propagation spatiale**, notamment hors des frontières nationales, bien qu'ils soient susceptibles de représenter des enjeux majeurs pour tous les secteurs. Ces impacts ne sont que très rarement traités dans les recherches aujourd'hui et n'ont pu faire l'objet de prise en compte autre que qualitative ;
- la prise en compte des **mesures d'atténuation**. Néanmoins, les mesures d'adaptation planifiée proposées ne doivent pas entrer en contradiction avec l'atténuation du changement climatique.

II.1.1.3 Les horizons retenus

Trois horizons d'étude ont été retenus : les horizons **2030, 2050 et 2100**. Les impacts peuvent en effet être très différents selon les horizons.

- L'horizon 2030 est plus propice à la prise de décision, mais il est plus difficile de distinguer le changement climatique de la variabilité climatique ;

- Les horizons 2050 et 2100 sont particulièrement pertinents pour les secteurs nécessitant une planification à long terme (infrastructures ou énergie par exemple).

En fonction de la pertinence de ces horizons pour les différents groupes et des outils et méthodes disponibles, chaque horizon n'a pas forcément été étudié par les groupes. A titre d'exemple, l'évaluation par le groupe Risques naturels et assurances de l'impact du changement climatique sur le risque de submersion marine n'a porté que sur l'horizon 2100, en raison du manque d'outils disponibles.

II.1.1.4 Scénario socioéconomique

Sur le plan socio-économique, conformément à ce qui avait été retenu lors de la première phase du Groupe interministériel, le groupe a choisi de travailler en conservant la **situation socio-économique française actuelle** : pour l'ensemble des paramètres socioéconomiques (tels que démographie, technologie ou répartition des richesses), on ne considère pas d'évolution.

Plus concrètement, cela revient à plaquer un climat futur – celui de 2030, de 2050 et de 2100 – sur la photographie actuelle de l'économie et de la société française afin d'en identifier les conséquences : « *comment nous en sortirions-nous si nous avions, aujourd'hui, le climat « prévu » de demain ?* »

Ce choix présente de nombreux intérêts :

- Il permet d'isoler l'impact du changement climatique de celui d'autres évolutions (cf. changements globaux) ;
- La prise en compte de l'économie future ou en évolution nécessiterait de construire des scénarios socio-économiques français cohérents avec les scénarios A2 et B2 (voir II.1.1.5), ce qui aurait été difficile à mettre en place rapidement et avec les moyens disponibles ;
- Ce choix permet de ne pas ajouter des incertitudes macroéconomiques aux incertitudes relatives aux aspects climatiques ;
- La question du taux d'actualisation est de fait écartée ;
- Ce choix présente également l'intérêt de placer directement les limites du travail : les résultats ne correspondent pas à une prévision de l'évolution des secteurs étudiés, mais **doivent être vus comme résultats d'exercice théorique**, comme une première étape dans la caractérisation du coût des impacts.

Le raisonnement à économie constante reste néanmoins restrictif et limitant pour certains secteurs pour lesquels une évolution socioéconomique est d'ores et déjà anticipée (le secteur de l'énergie, par exemple, avec les objectifs d'atténuation ou encore l'agriculture, avec l'évolution de la PAC) ou pour lesquels ces évolutions constituent un facteur déterminant de la vulnérabilité au changement climatique (par exemple, les risques naturels et l'évolution des populations en zone à risque ou encore la ressource en eau et l'évolution des pressions). Les limites de cette hypothèse sont donc particulièrement importantes à prendre en compte d'autant plus que des mesures d'adaptation pourraient sembler acceptables dans un contexte d'économie constante mais plus du tout en cas de prise en compte des changements globaux projetés tels que l'augmentation de la démographie par exemple. En fonction de la

disponibilité des données et des méthodes, certains groupes ont pu évaluer, de manière complémentaire, le coût des impacts du changement climatique en tenant compte d'évolutions socioéconomiques.

II.1.1.5 Scénarios climatiques

Le groupe a choisi de travailler à partir des **scénarios A2 et B2 du GIEC**. C'est pour ces scénarios que l'on dispose de la plus grande quantité de données et de simulations et ce choix permet une certaine cohérence avec d'autres programmes menés aux niveaux européen (programme PESETA) et national (CARBOFOR, IMFREX).

Les caractéristiques détaillées de ces scénarios sont décrites dans le résumé à l'attention des décideurs sur les scénarios d'émissions, du rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC (2000). Un positionnement de ces scénarios dans l'ensemble des scénarios du GIEC est par ailleurs présenté dans la Figure 4. Ici, on retiendra que le scénario A2 correspond à un monde avec prédominance des énergies fossiles et augmentation des disparités régionales ; le scénario B2 correspond à un monde donnant la priorité au local et orienté vers les enjeux environnementaux et l'équité sociale. De par le choix de scénarios médians, on exclut du champ de l'étude la possibilité de changements extrêmes du climat (*e.g.* montée rapide du niveau de la mer).

Notons que le fait de caractériser les impacts à partir de l'économie actuelle alors que les scénarios A2 et B2 comprennent des hypothèses d'évolution de l'économie crée une incohérence en première approche. Cette situation n'est cependant pas gênante compte tenu de la différence d'échelle spatiale considérée : globale pour les scénarios d'émissions, locale pour les impacts. Travaillant dans le cadre de l'économie constante, **les scénarios A2 et B2 ont été uniquement considérés dans leurs conséquences climatiques**, et non globalement comme des scénarios d'évolution socioéconomiques.

II.1.1.6 Modalités de prise en compte de l'adaptation

Deux scénarios d'adaptation sont évalués : un scénario prenant en compte l'adaptation spontanée, un scénario prenant en compte l'adaptation planifiée.

La distinction entre adaptation spontanée et planifiée est souvent difficile à opérer, ces termes pouvant offrir diverses interprétations. Pour cet exercice, on considèrera qu'une mesure relève de l'adaptation planifiée si elle est susceptible d'**entrer dans le cadre d'un plan d'adaptation**. Le caractère public/privé des acteurs à l'origine des mesures est donc ici déterminant. Néanmoins, une mesure mise en œuvre par un acteur privé peut être considérée comme de l'adaptation planifiée si elle est impulsée par un acteur public (par des mécanismes d'incitation par exemple).

Afin de prendre en compte l'incertitude sur le rythme et l'ampleur du changement climatique et pour éviter le risque de mal-adaptation, il a été décidé de privilégier les mesures d'adaptation **sans regret**.

Notons qu'à ce stade, au vu des connaissances actuelles et des moyens disponibles, l'adaptation, tant spontanée que planifiée, n'a pas pu être prise en compte ni quantifiée systématiquement dans les évaluations thématiques. Cet aspect devra être considéré en priorité pour des travaux d'approfondissement.

II.2 Outils méthodologiques

En plus des lignes directrices méthodologiques développées en phase 1 et dont une synthèse a été présentée en partie précédente, le Groupe interministériel s'est appuyé sur des outils communs pour procéder aux évaluations économiques :

- Le modèle Arpège-Climat de Météo-France ;
- Un outil bibliographique développé par le CIRED³⁰ ;
- Une méthode commune de quantification du nombre de canicules « de type 2003 » au cours du XXI^{ème} siècle.

II.2.1 Le modèle Arpège Climat et les simulations climatiques correspondantes

II.2.1.1 Présentation du modèle

Le modèle numérique ARPEGE est un modèle de circulation générale global et spectral développé en collaboration avec le Centre Européen de Prévision (CEP à Reading, Royaume-Uni) pour la prévision numérique du temps. La version climat d'ARPEGE, nommée Arpège-Climat, a été développée dans les années 1990³¹. Arpège-Climat est l'un des deux modèles climatiques français (avec le modèle de l'IPSL) utilisés par le GIEC.

La version 3 d'Arpège-Climat est utilisée dans une configuration « étirée » qui permet de représenter le globe terrestre intégralement en offrant une résolution haute (50 à 60km) sur l'Europe, décroissant progressivement jusqu'aux antipodes (500km dans l'Atlantique Sud).

II.2.1.2 Simulations climatiques correspondantes

Températures moyennes

Les simulations climatiques réalisées à partir du modèle Arpège-Climat prévoient pour la fin du XXI^{ème} siècle, un réchauffement en toutes saisons, plus marqué l'été que l'hiver. En moyenne sur l'année, on observerait un écart de température compris entre +2,2 et +3,2 en 2100 selon le scénario considéré.

³⁰ Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

³¹ Déqué *et al.*, 1994

Tableau 5 – Températures moyennes et écarts de températures par rapport à la période de référence (°C) (Déqué, 2008)

	1990	2030B2	2030A2	2050B2	2050A2	2100B2	2100A2
Moyenne	11,41	12,50	12,24	12,40	12,78	13,63	14,63
Ecart moyen	-	1,09	0,83	0,99	1,37	2,22	3,23

Précipitations

S'agissant des précipitations, les résultats du modèle sont plus ambigus : dans le scénario B2, les précipitations moyennes³² augmenteraient légèrement à l'horizon 2050 (+0,09mm/jr), alors qu'une diminution est projetée dans le scénario A2 (-0,2mm/jr). En revanche, pour 2090, les deux scénarios se rejoignent, le scénario A2 étant le plus pessimiste, avec -0,3mm/jr projetés, contre -0,11mm/jr pour B2 par rapport au climat de référence.

Le nombre maximum de jours secs consécutifs augmente significativement dans les deux scénarios à l'horizon 2090 (3,46 et 11,17 jours supplémentaires pour les scénarios B2 et A2 respectivement).

Tableau 6 – Précipitations moyennes et différences au climat de référence (mm/jour) (Déqué, 2008)

	1990	2030B2	2030A2	2050B2	2050A2	2100B2	2100A2
Moyenne	2,47	2,52	2,54	2,56	2,27	2,36	2,17
Ecart moyen	-	0,05	0,07	0,09	-0,20	-0,11	-0,30

Extrêmes

Les simulations réalisées indiquent pour l'hexagone une augmentation notable des températures pour les périodes 2040-2059 et 2080-2099 par rapport au climat de référence (période 1980-1999) : s'agissant des températures annuelles moyennes, le modèle projette dans le scénario B2 une hausse de 0,99°C à l'horizon 2050 et de 2,22°C en 2090 ; et dans A2, des hausses de 1,37°C et 3,23°C pour les horizons 2050 et 2090 respectivement. Le modèle met également en avant une augmentation du nombre moyen de jours d'une période chaude³³ sur l'année (passant de 36,25 sur la période de référence, à 54,06 et 98,6 jours aux horizons 2050 et 2090 pour le scénario B2 ; et à 73,71 et 134,84 jours aux horizons 2050 et 2090 pour le scénario A2) et une diminution du nombre de jours moyens d'une période froide dans les deux scénarios et aux deux horizons considérés.

En ce qui concerne les paramètres vents et tempêtes, le modèle ne permet pas de dégager de tendance forte : par exemple, dans les deux scénarios, l'évolution du nombre de jours projeté de tempêtes ne dépasse pas un jour aux deux horizons considérés. En effet, les données pour la France métropolitaine ne mettent pas en

³² Les précipitations comptabilisées ici sont le cumul quotidien de la pluie et de la neige, exprimé en kg/m² (Dequé, 2008)

³³ Pour définir une période chaude (froide), un cycle annuel moyen de la période de référence pour la température maximale diurne est calculé, puis lissé par le calcul de moyennes sur cinq jours glissantes. Un jour est considéré comme chaud, s'il est au moins 5°C au-dessus (en dessous) de cette climatologie (Dequé, 2008).

évidence, en l'état des connaissances actuelles, une augmentation de la fréquence de ces événements en lien avec le changement climatique. Les modélisations actuelles prévoient une hausse de ces événements en lien avec le changement climatique uniquement pour l'Europe septentrionale et pour les zones intertropicales³⁴.

II.2.1.3 La prise en compte de l'élévation du niveau de la mer

La prise en compte de l'élévation du niveau de la mer est une question complexe, en raison des fortes incertitudes sur les mécanismes gouvernant l'évolution de ce paramètre. A l'origine, pour tenir compte de ces incertitudes, avait été recommandée l'utilisation de trois valeurs pour l'horizon 2100 : +35 cm ; +60 cm et +120 cm.

Pour des questions de disponibilité des modèles et des méthodes d'évaluation, les groupes ayant procédé à l'analyse de cet impact (Risques naturels et assurance, Infrastructures de transport, Energie) ont du retenir une **hypothèse d'élévation d'ensemble de +1m à l'horizon 2100**. Ce choix ne représente pas forcément l'état des connaissances sur les impacts du changement climatique sur le niveau marin, mais reflète bien les possibilités actuelles en termes de quantification de l'impact en France.

II.2.2 L'outil bibliographique CIREC

L'outil méthodologique préparé pour les groupes thématiques par le CIREC visait à permettre aux membres des groupes d'identifier des méthodologies pouvant être utilisées pour la quantification des impacts et des coûts de l'adaptation.

Différents niveaux de simplicité ont volontairement été présentés : certaines publications faisaient référence à des méthodologies relativement simples et exploitables dans le temps imparti ; d'autres, à des méthodes plus lourdes faisant appel à des modèles détaillés, mais avec parfois possibilité de reprendre et d'extrapoler les résultats obtenus.

Concrètement, l'outil prenait la forme d'une série de feuilles Excel sectorielles, pré-identifiant pour chacun des impacts potentiels - identifiés par les groupes en phase 1 – et des scénarios retenus, les méthodes de quantification exploitables, relevées à partir d'une analyse détaillée de la littérature. Les séries de feuilles sectorielles et la bibliographie correspondante sont présentées en Annexe C4. Une feuille a été proposée pour chacun des groupes Agriculture et forêt, Energie, Eau, Infrastructures de transport et cadre bâti et Tourisme.

Pour chacun de ces secteurs, deux feuilles composaient l'outil :

- Feuille 1 : Tableau mettant en relation impacts, mesures d'adaptation et références bibliographiques ;
- Feuille 2 : Résumé succinct de chaque référence présentée.

Des allers-retours avec les groupes concernés ont permis de finaliser l'outil et de le rendre le plus opérationnel possible. Une journée atelier, ouverte à l'ensemble des

³⁴ De récents travaux mettent en évidence une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes dans l'hémisphère Nord (Ulbrich et al., 2008). Néanmoins, cette tendance haussière n'a pour l'instant pas pu être corrélée avec le changement climatique.

membres du Groupe interministériel, s'est tenue le 13 février 2009. Elle avait pour objectif de permettre à chacun de s'approprier au mieux l'outil, de discuter des méthodes d'évaluation et, le cas échéant, de proposer des méthodologies de substitution en cas d'impossibilité de suivre les méthodologies identifiées dans la littérature (données, ressources, etc.).

Les groupes thématiques ont utilisé certains de ces outils et méthodes afin d'évaluer, pour des exemples précis, les coûts et bénéfices éventuels des impacts du changement climatique (coût de l'inaction).

Les coûts et bénéfices de l'adaptation spontanée ou planifiée n'ont pas été systématiquement étudiés, faute de moyens ou de temps.

L'évaluation des impacts intangibles et non-marchands est une difficulté méthodologique majeure. Ces impacts ont été abordés par le groupe santé (valeur d'une vie sauvée) et par le groupe biodiversité (valeur des services écosystémiques, notamment des services de régulation)³⁵.

Les impacts et mesures d'adaptation étudiés et quantifiés par chaque groupe thématique sont listés en partie III.1.1.

II.2.3 La méthodologie de dénombrement des canicules

II.2.3.1 Contexte

En l'absence de modélisations d'impact détaillées des changements climatiques pour certains secteurs, plusieurs groupes de travail ont fait le choix de travailler sur la base de retours d'expériences. Des situations pouvant préfigurer les contraintes climatiques futures ont été utilisées comme proxy pour l'évaluation d'impacts futurs du changement climatique. Cette approche « par défaut » a été spécifiquement ciblée sur le cas de la canicule 2003.

Sur la base de l'impact quantitatif de la canicule 2003 pour un secteur donné, et sur la base d'un nombre projeté de répétition de cet événement en contexte de changement climatique aux différents horizons projetés (2030-2050-2100), on évalue l'impact potentiel des événements caniculaires sur un secteur. Concrètement on regarde combien de fois une canicule de type 2003 pourrait se reproduire et on en déduit les coûts associés.

La modélisation d'un nombre de canicule projeté a été réalisée selon une méthode commune pour l'ensemble du rapport, à l'issue d'un consensus d'experts issus des différents groupes thématiques. Elle est détaillée ci après.

II.2.3.2 Choix d'une méthode commune de dénombrement

La contrainte posée à ce travail était d'avoir une méthodologie à la fois simple et suffisamment robuste sur le plan théorique pour définir le nombre de canicules de type 2003 que l'on estime pouvoir se produire aux horizons 2030, 2050 et 2100.

Le modèle climatique utilisé dans nos travaux donne des projections sur les températures futures. Néanmoins, cette tendance sur les températures futures ne

³⁵ Le lecteur est invité à se reporter à l'Annexe J.1 (groupe Santé) et à l'Annexe F.5 (groupe Biodiversité)

peut pas être directement extrapolée à la multiplication des épisodes de canicule de type 2003. Ainsi, si les températures moyennes augmentent en valeur de 5% en été, on ne peut pas en déduire mécaniquement que les canicules augmenteront de 5% en fréquence.

Le Groupe interministériel a décidé de travailler sur le modèle Arpège, afin d'identifier des événements futurs qui auraient une forme proche de la canicule de 2003. Pour ce faire, on a repéré dans le modèle la reproduction de deux critères propres à la canicule de 2003 dans les projections aux horizons 2030, 2050 et 2100, pour chaque scénario (A2 et B2) :

- Critère 1 : 12 jours consécutifs dépassant d'au moins 5°C la moyenne ;
- Critère 2 : 11 jours consécutifs dépassant d'au moins 8°C la moyenne.

Cette méthode de comptage des épisodes du type 2003 présente néanmoins une incertitude sur le nombre exact modélisé et leur date d'apparition, inhérente au modèle. Les dénombrements des épisodes de type canicule 2003 aux horizons 2030, 2050 et 2100 ont alors été traduits sous forme d'hypothèse haute et hypothèse basse. Le détail des calculs et des régressions opérées est présenté en Annexe C.1.

L'approche simplifiée utilisée est à contextualiser au vu des capacités disponibles, des délais impartis et de l'objectif de première approche de nos travaux :

- le groupe ne dispose que d'un seul modèle avec une seule résolution ;
- le groupe ne dispose que d'un temps très limité pour le traitement des données.

Cette méthode repose toutefois sur des données issues d'un modèle climatique spécifique et non sur des extrapolations arbitraires de tendances.

II.2.3.3 Résultats : dénombrement des canicules adopté dans le rapport

La méthodologie adoptée, à partir des données du modèle Arpège-Climat à notre disposition, a amené aux résultats suivants sur la survenance des canicules ou sur l'évolution de leur fréquence. Les intervalles représentent les bornes hautes et les bornes basses retenues.

Tableau 6 – Bornage du nombre de canicules aux différents horizons

Scénario	2030	2050	2100
A2	[0 - 3]	[2 - 11]	[32 - 51]
B2	[0 - 1]	[1 - 4]	[18 - 25]

Tableau 7– Bornage des fréquences (nombre moyen de cas annuels) de canicule aux différents horizons

Scénario	2030	2050	2100
A2	[0,04 – 0,29]	[0,12 – 0,51]	[1,06 – 1,76]
B2	[0,03 – 0,11]	[0,08 – 0,19]	[0,39 – 0,77]

Le nombre et les fréquences de canicules proposés ici restent des modélisations à partir d'un seul modèle dans une situation d'incertitude importante.

III Résultats et recommandations

Ce chapitre présente un récapitulatif général des résultats de la quantification des impacts du changement climatique et de l'adaptation par les différents groupes thématiques ainsi que les éléments d'analyse permettant de dégager les tendances communes des résultats obtenus. Les principaux obstacles et difficultés méthodologiques rencontrés sont également présentés dans cette partie, ainsi que la question centrale de la gestion des interactions sectorielles.

III.1 Récapitulatif des résultats

Comme indiqué précédemment, les éléments présentés ici sont le résultat d'un exercice exploratoire, qui doit être considéré comme la première étape d'un processus plus long. Ceux-ci **ne doivent pas être vus comme des résultats définitifs**. De plus, ils ne représentent qu'une fraction de l'impact économique réel du changement climatique.

La plupart des résultats reposent sur un corpus d'hypothèses : celles décrites en partie II, mais également des hypothèses de travail propres à chaque évaluation (et spécifiques de fait à certains secteurs étudiés). Pour cette raison notamment, ils restent discutables et c'est également leur intérêt : engager des débats, susciter des critiques constructives qui permettront de faire avancer les connaissances et les possibilités en termes de chiffrage du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation.

III.1.1 Une analyse non exhaustive

De manière générale, l'analyse réalisée ne cherchait pas l'exhaustivité. Seul un nombre restreint de secteurs a été étudié. Au sein de ces secteurs, l'analyse n'a porté que sur une sélection d'impacts du changement climatique (voir Tableau 6). Les aspects relatifs au cadre bâti ont par ailleurs été répartis entre les secteurs énergie, tourisme, santé ainsi que risques naturels et assurances.

Dans la plupart des cas, la sélection des impacts étudiés a été fonction de trois critères :

- Leur importance : ampleur, représentativité ;
- Les ressources disponibles pour l'évaluation : méthodes, modèles ;
- La disponibilité des données.

Ces deux derniers critères ont souvent été contraignants dans le choix du cadre de l'évaluation et de l'horizon d'étude (2030-2050-2100).

Tableau 7 - Impacts quantifiés pour chaque thématique

Secteur	Impact(s) étudié(s)	Paramètre climatique considéré	Quantifications réalisées
Agriculture	Impact des évolutions graduelles du climat sur les grandes cultures Impact des évolutions graduelles du climat sur la viticulture Impact des évolutions graduelles du climat sur les prairies Impact des canicules sur les grandes cultures	Température, précipitations Températures, Précipitations Températures, Précipitations Canicule (fréquence)	Gains/pertes de rendement agricole
Forêt	Impact des évolutions graduelles sur la productivité des forêts (sans prise en compte du risque incendie)	Températures, précipitations	Gains/pertes de production de bois
Santé	Impact de la canicule de 2003 sur la santé Impact de l'inondation du Gard en 2002 sur la consommation de psychotropes	Canicule (fréquence) Inondation	Coût net pour l'assurance maladie Coûts intangibles (vies humaines) Coût de prise en charge par l'assurance maladie
Energie	Impacts du changement climatique sur les consommations d'électricité, de gaz naturel, de fioul domestique, d'essence dans les véhicules particuliers Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité	Températures (degrés-jour) Canicule (fréquence) Précipitations	Variations de consommation énergétique liées aux modifications de la demande en chauffage et en climatisation Extrapolation du coût de la canicule de 2003 (manque à produire, sans adaptation) Perte de productible hydroélectrique
Tourisme	Impact des évolutions graduelles du climat sur « l'attractivité climatique » estivale d'une destination	Températures, précipitations	Chiffre d'affaires touristique estival risquant d'être affecté par le changement climatique
Infrastructures	Impacts d'une canicule sur le patrimoine routier national non concédé Impacts d'une remontée d'ensemble du niveau de la mer sur le patrimoine routier national non concédé	Canicule (fréquence) Elévation du niveau de la mer	Estimation des surcoûts pour l'entretien et la reconstruction des routes Estimation de la valeur patrimoniale des infrastructures concernées
Risques naturels et assurance	Impact des sécheresses sur l'aléa retrait-gonflement des argiles (logements)	Canicule (fréquence)	

Secteur	Impact(s) étudié(s)	Paramètre climatique considéré	Quantifications réalisées
	individuels) Impact du changement climatique sur les crues dans 5 bassins versants (logements, établissements publics et privés) Impacts du changement climatique sur les risques côtiers en Languedoc-Roussillon (logements) Impact du changement climatique sur les aléas gravitaires	Débit maximum (crue) Elévation de niveau de la mer Tous	Coût des dommages aux logements / établissements concernés Coût des dommages aux logements / établissements concernés Evaluation hors de portée.
Biodiversité	Coût de la disparition des écosystèmes coralliens (fonctions de régulation : protection des côtes, fixation de carbone) Coût des pertes de services non-marchands, dont fixation de carbone, de la forêt métropolitaine : fixation de carbone	- Températures, précipitations	Estimation de la valeur des services concernés
Eau	Déficit en Eau pour satisfaire les besoins actuels en eau potable, en eau industrielle, et en irrigation	Températures, précipitations	Estimation du déficit annuel et coût d'accès à l'eau en conséquence

Particularité du groupe Territoires :

L'objectif du groupe Territoires n'est pas de proposer une analyse des coûts mais plutôt des jeux d'acteurs, des outils disponibles, des impacts et de la vulnérabilité selon les types de territoires, des capacités d'adaptation et de la phase de transition. Il s'agit ainsi de **faciliter la création d'une « boîte à outils »** adaptée aux contraintes, aux ressources, aux enjeux des différents territoires et de mieux comprendre les défis qu'ils ont à relever, vis-à-vis des milieux, des sociétés et des pratiques qui sont les leurs.

Les territoires à enjeux forts ont été privilégiés : littoral, montagne, parc naturel, zone urbaine, territoire agricole, forêt. De même, le territoire a été étudié au regard des activités économiques et touristiques. Le groupe a par ailleurs initié deux études. La première, vise à produire un outil à destination des collectivités, afin de caractériser la **vulnérabilité** au changement climatique **par type de territoire**. La seconde, a pour objectif de développer des indicateurs de vulnérabilité au changement climatique en **zone urbaine**.

S'agissant des paramètres considérés (climatiques et autres) et pour des questions de faisabilité, des **restrictions et simplifications lourdes** ont dû être opérées pour chaque impact évalué, ce qui a pu conduire à une sous-estimation ou sur-estimation des coûts. La question des impacts du changement climatique est en effet particulièrement complexe, faisant entrer en jeu des phénomènes d'interaction et de

rétroaction, non seulement entre les paramètres climatiques, mais également avec les réactions spontanées des systèmes naturels et humains à ces évolutions ; phénomènes qui n'ont souvent pas pu être intégrés à l'analyse. Ces éléments doivent être gardés à l'esprit à la lecture des résultats.

On détaille au chapitre IV les besoins et pistes identifiés pour permettre d'élargir le cadre de l'évaluation (couverture sectorielle, impacts analysés, méthodes d'analyse).

III.1.2 Méthodes employées et résultats

Dans l'état actuel des connaissances et au vu des données disponibles, qui diffèrent selon les secteurs étudiés, plusieurs types de méthodes ont été utilisées par les groupes thématiques en charge de l'évaluation des coûts. De manière synthétique, on peut distinguer quatre types de méthodes d'évaluation, présentées dans le tableau suivant. Notons que bien souvent, les évaluations ont davantage reposé sur une combinaison de ces méthodes que sur une méthodologie unique.

Tableau 8 – Méthodes d'évaluation utilisées par les groupes

Méthode	Description	Principales caractéristiques	Secteurs concernés
Analogues historiques (événements extrêmes) (1)	Se baser sur des retours d'expérience d'événements climatiques passés pour évaluer l'impact du changement climatique sur le secteur	Simplicité et disponibilité des données empiriques Non prise en compte de l'adaptation Incertitudes sur les projections Non prise en compte des éventuels effets cumulatifs (impact d'une canicule isolée vs impact de deux canicules rapprochées) ni des effets non-linéaires ou des effets de seuil dans l'extrapolation de la « relation dose-effet » en dehors des plages historiques observées	Energie (canicule 2003) Risques naturels (canicule 2003 / RGA) Agriculture (canicule 2003) Infrastructures (canicule 2003) Santé (canicule 2003 et inondation du Gard en 2002)
Modèles (2)	Utiliser des modèles (ou résultats de modèles) complexes liant le secteur aux paramètres climatiques	Prise en compte par les modèles de relations complexes Possibilité de prendre en compte l'adaptation Implique un travail lourd de modélisation ou la disponibilité de résultats directement exploitables Limites inhérentes aux modèles (difficulté de capter l'impact des événements extrêmes par exemple)	Agriculture (grandes cultures, viticulture)* Eau*
Extrapolation de relations empiriques entre secteur et climat (3)	Se baser sur les relations identifiées entre un secteur et le climat pour évaluer l'impact du changement climatique sur le secteur	Dépend de l'existence de relations empiriques connues Non prise en compte de l'adaptation	Tourisme Energie (chauffage / climatisation)
Projections ad-hoc (4)	Identifier les impacts possibles du changement climatique sur un secteur et développer des scénarios ad-	Permet de pallier le manque de connaissances Simplicité de mise en œuvre	Biodiversité Agriculture (prairies) Risques naturels

Méthode	Description	Principales caractéristiques	Secteurs concernés
	<i>hoc</i> en fonction du changement climatique	Repose largement sur des hypothèses additionnelles simplificatrices	(inondations, risques côtiers) Infrastructures (submersions marines) Forêt Energie (évolution des débits et productible hydro)

* *Utilisation de résultats de modèles dans la littérature*

Les résultats obtenus par les différents groupes thématiques se basent donc sur des méthodes d'évaluation diverses. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les principaux résultats obtenus pour chaque exercice d'évaluation.

Les chiffres rassemblés dans ce tableau ont pris des points d'entrée différents selon les données et modèles disponibles : certains coûts modélisés sont des coûts d'exploitation récurrents, d'autres coûts ont été calculés sur la base de coûts d'investissements.

A ce stade, étant donné la diversité des méthodes d'évaluation et la non-exhaustivité des impacts étudiés, **ceux-ci ne peuvent en aucun cas être comparés ou agrégés**. En effet, un chiffrage négatif en valeur peut correspondre à une perte ou à une économie selon la nature de l'impact considéré : chacune des valeurs du tableau suivant doit être considérée au cas par cas et rapportée précisément à chaque impact.

Tableau 9 – Coûts (en termes monétaires, ou impacts « physiques ») appliqués aux différents impacts élémentaires identifiés (Note : en raison des nombreuses limites et incertitudes, il est indispensable de se reporter aux rapports des groupes thématiques 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**)

Secteur/impact	Adaptation	2030 / CT		2050 / Moyen terme		2100 / Long terme	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Agriculture							
Impacts sur le Maïs (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes)	Spontanée	-13 à +77M€/an	-30 à +85M€/an	-14 à +68M€/an	-3 à +71M€/an	-439 à +65M€/an	-68 à +30M€/an
Impacts sur le Blé (hors contrainte eau, variation interannuelle et événements extrêmes)	Spontanée	+47 à +84M€/an	+34 à +82M€/an	+67 à +102M€/an	+58 à +89M€/an	-13 à +147M€/an	+70 à +111M€/an
Impacts sur le Maïs des canicules	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-120 à -192M€/an	-68 à -94M€/an
Impacts sur le Blé des canicules	Sans adaptation	-	-	-	-	-209 à -334M€/an	-118 à -163M€/an
Impacts sur la viticulture en Languedoc	Sans adaptation	-	-	-	-	-26 à -12% de rdt ³⁶ /an	-18 à -6% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Languedoc	Spontanée	-	-	-	-	-3 à +30% de rdt/an	+11 à +46% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Bourgogne	Sans adaptation	-	-	-	-	+35,2% de rdt/an	+41,7% de rdt/an
Impacts sur la viticulture en Bourgogne	Spontanée	-	-	-	-	+53,7% de rdt/an	+41,7% de rdt/an
Impacts sur les prairies dans l'arc périméd.	Spontanée	-	-	-	-	-250 à -200M€/an	
Forêt							
Impact sur la croissance des forêts (et donc la productivité) (volumes) – sans tenir compte du risque incendie	Sans adaptation	+3,2Mds€ (cumulé), soit environ 150M€/an sur 22 ans			+6,2Mds€ (cumulé), soit environ 150M€/an sur 42 ans	Impact clairement négatif, mais non chiffré à ce stade.	
Impact des extrêmes sur la santé des forêts (et donc la productivité) : dépérissements etc. – sans tenir compte du risque incendie	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	
Energie							
Impact sur la consommation ³⁷ d'électricité	Sans adaptation	-0,6Mtep/an	-0,8Mtep	-0,8Mtep	-0,7Mtep/an	-1,5Mtep/an	-1,2Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ d'électricité	Spontanée (clim)			+0,5Mtep/an	+0,5Mtep/an	+1Mtep/an	+1Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ de gaz naturel	Sans adaptation	-1,7 à -1,3Mtep/an	-2,4 à -1,8Mtep/an	-2,5 à -1,9Mtep : an	-2,1 à -1,6Mtep/an	-5 à -3,9 Mtep/an	-3,9 à -2,5Mtep/an
Impact sur la consommation ³¹ de fioul	Sans adaptation	-0,5Mtep/an	-0,6Mtep/an	-0,7Mtep/an	-0,7Mtep/an	-1,5Mtep/an	-0,8Mtep/an
Impact sur la consommation d'essence dans les VP	Sans adaptation	+0,1Mtep/an	-0 Mtep/an	+0,3Mtep/an	+0,3Mtep/an	+0,8Mtep/an	+0,6Mtep/an
Impact sur la consommation d'essence dans les VP	Spontanée (clim)	+0,5Mtep/an	+0,4Mtep/an	+0,7Mtep/an	+0,7Mtep/an	+1,2Mtep/an	+1Mtep/an
Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité – canicule	Sans adaptation	-0,1 Mtep/an	0 Mtep/an	-0,1 Mtep/an	-0,1 Mtep/an	-0,2 Mtep/an	-0,4 à -0,3 Mtep/an
Impact de l'évolution de la ressource en eau sur la production d'électricité - débits	Sans adaptation			-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an	-0,9Mtep/an
Santé							
Coût de la canicule 2003 pour l'assurance maladie	NA				-280M€ à +10M€		
Coût 'humain' de la canicule (années de vie perdue)					-500 M€ en 2003		
Coût de l'inondation du Gard, 2002 – prise en charge psychologique en secteur libéral hors long terme	NA				- 234 K€ en 2002 pour 953 personnes		
Tourisme							(A1B)

³⁶ Rdt = rendement. La traduction du lien 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.

³⁷ Pour chauffage et refroidissement, dans le résidentiel tertiaire

Secteur/impact	Adaptation	2030 / CT		2050 / Moyen terme		2100 / Long terme	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Chiffre d'affaire estival soumis à une baisse d'attractivité climatique significative	Sans adaptation					15 à 19 Mds€/an	10 à 18 Mds€/an
Infrastructures Réseau routier national métropolitain non concédé Impact des canicules de type 2003 Impacts des submersions marines (surélévation globale de 1 mètre du niveau de la mer)	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-70 à +9M€/an ³⁸ -2Mds€ ³⁹	
Impacts du CC sur les <u>infrastructures et systèmes de transport ferroviaires, fluviaux, portuaires, autres réseaux routiers, transports en commun urbains</u>		Impacts non étudiés au cours de cette phase					
Risques naturels Impacts des inondations sur 5 Bassins versants	Sans adaptation					Voir rapport du groupe.	
Impact des canicules sur le Réglem. Gen. d'Assain. Impact des risques côtiers en Languedoc	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-1080M€/an	-480M€/an
		-15 à 35 Mds € (cumulé)					
Biodiversité Coût de la disparition des écosystèmes coralliens (fonctions de régulation) Coût des pertes de services de la forêt : fixation de carbone	Sans adaptation Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	-6,5 Mds de \$	
						-589M€/an	-304M€/an
Eau Déficit en Eau pour satisfaire les besoins actuels en Eau potable, industrie et irrigation	Sans adaptation	Négatif mais non chiffré	Négatif mais non chiffré	2 Mds m ³ /an de déficit		Négatif mais non chiffré	

³⁸ 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...

³⁹ Chiffrage obtenu par appréciation forfaitaire de la valeur patrimoniale du linéaire de routes considéré en 1^{ère} approche comme exposées, hors ouvrages singuliers, hors pertes d'usage et impacts sur l'exploitation des réseaux routiers (non chiffrés)

III.2 Eléments d'analyse

S'il est inopportun d'opérer une comparaison des résultats obtenus par les différents groupes, en raison de l'hétérogénéité des méthodes d'évaluation et de la non-exhaustivité des impacts étudiés, certaines tendances, décrites ci-après, peuvent néanmoins être dégagées.

III.2.1 Analyse d'ensemble

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 plusieurs secteurs en cas d'adaptation insuffisante.**

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** et notamment de la hausse de fréquence des canicules conduit à un impact clairement négatif du changement climatique. 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 répétitions** plus fréquentes de ces événements extrêmes pourrait également aggraver la sévérité des impacts.

Les différentes analyses réalisées mettent en avant **l'existence de seuils au-delà desquels les impacts du changement climatique** auront des conséquences négatives graves voire irréversibles. Ceci est particulièrement vrai pour des secteurs tels que l'agriculture, la forêt et la biodiversité, pour lesquels des impacts « positifs » peuvent apparaître à court ou moyen terme, avec un effet de rupture et de renversement de tendance au-delà. Si nous savons qu'il existe des « effets de seuil » au-delà desquels l'ampleur et la nature des conséquences du changement climatique ne pourront plus être évités, il est difficile et complexe de les quantifier. Il devient alors clair que sans une politique d'atténuation efficace, l'atteinte de ces seuils critiques pourra rendre beaucoup plus difficile l'adaptation au changement climatique.

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 amplifier les impacts négatifs du 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 partie⁴⁰, ces différences tenant autant à l'exposition aux aléas climatiques qu'aux spécificités géographiques et socioéconomiques 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 et les inégalités pourraient se creuser alors davantage.

L'adaptation au changement climatique doit donc être contextualisée et 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'Adaptation⁴¹ ainsi que dans les conclusions du rapport Stern⁴².

Pour une analyse territorialisée des impacts du changement climatique, il est dès lors nécessaire de mieux connaître les impacts du changement climatique au niveau local, ainsi que les scénarios de développement et évolutions socio-économiques.

Le poids des **scénarios socioéconomiques** dans la vulnérabilité au changement climatique a d'ailleurs été souligné par la plupart des groupes thématiques, bien que le mandat du Groupe interministériel fût d'évaluer les impacts du changement climatique suivant une hypothèse d'économie constante. A titre d'exemple, l'analyse réalisée sur l'aléa retrait-gonflement des argiles avec évolution des enjeux d'ici 2030 fait état d'une augmentation des coûts de l'ordre de 17% à l'échelle nationale, le coût des dommages pouvant être multiplié par 10 sur certains départements et plus couramment par 4 ou 5 dans l'hypothèse de changement climatique la plus défavorable par rapport à un scénario d'économie constante (hypothèse de l'absence d'urbanisation nouvelle). La pertinence économique de la mise en œuvre de certaines mesures d'adaptation aux risques naturels dépend parfois directement de la prise en compte – ou non - de l'évolution de la valeur du bâti, alors qu'elle ne se justifie pas sous l'hypothèse d'économie constante. La problématique « eau » est également extrêmement liée aux évolutions autres que climatiques, qui influenceront directement sur les besoins. De manière plus générale, pour tous les secteurs étudiés, les évolutions socioéconomiques auront des répercussions parfois très significatives sur les résultats obtenus en termes d'impacts et de coûts du changement climatique. Pour l'ensemble des secteurs étudiés, le développement de scénarios socioéconomiques à moyen et long terme cohérents à l'échelle de la France, et aussi avec les scénarios

⁴⁰ Les dépenses de chauffage et climatisation des ménages pourraient globalement diminuer au Nord et augmenter au Sud. Certaines régions agricoles verraient un climat plus propice ou des impacts très modérés, alors que d'autres régions seront confrontées à un climat plus sec.

⁴¹ ONERC, 2007

⁴² Stern N., 2006

globaux d'émission de GES, 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 est un point fondamental, mis en lumière par le groupe Territoires. Cela implique d'identifier dès aujourd'hui les freins au changement (qui peuvent différer selon le type de territoire ou le type d'acteurs) ou encore 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 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 évolutifs** à court terme (notion de stratégie adaptative, voir 1.2.5).

III.2.2 Résultats clés des groupes thématiques

Nous présentons ci-après quelques points clés des rapports thématiques. 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.

La question de la **ressource en eau** est un point crucial dans l'analyse des impacts du changement climatique, pour tous les secteurs étudiés. Or les travaux réalisés nous indiquent que si l'on considère une stabilité de la demande, un **déficit de 2 milliards de m³** 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 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. Le coût du déficit pourrait atteindre plusieurs milliards d'euros si les volumes d'eau devaient être entièrement compensés et des traitements complémentaires mis en œuvre : des baisses de niveau piézométrique des grandes nappes sédimentaires du bassin de la Seine (projet RexHyss) qui atteindraient 15 mètres pourraient conduire à augmenter les frais d'accès à l'eau de nombreuses activités économiques, les hausses de température et la réduction des débits engendreraient des contraintes supplémentaires de traitement des eaux brutes (phénomènes algaux en particulier) comme des eaux usées, le maintien du potentiel piscicole de nos rivières ou des conditions de fonctionnement hydraulique des zones humides terrestres ou littorales impliqueraient des aménagements non chiffrés, etc. 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 (diminution de la capacité d'auto-épuration, salinisation des nappes en zones côtières, augmentation des concentrations en polluants...) 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, notamment à travers la conception d'infrastructures supplémentaires d'approvisionnement en eau (stockage, transfert, dessalement), elle devra impérativement relever de l'adaptation planifiée afin d'en étudier préalablement les impacts. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte le changement climatique dans les instances et les plans de gestion de l'eau (Agences de bassin, SAGE et SDAGE). L'évaluation du coût potentiel de ces mesures d'adaptation ne pourra se faire qu'à travers des investigations locales. Néanmoins, cela pourrait représenter des investissements et des dépenses de fonctionnement très importants. Ainsi la décision de redimensionner les capacités d'évacuation des réseaux d'eaux pluviales en milieu urbain, comme l'ont déjà envisagé certains Etats européens, impliquerait d'intervenir sur un patrimoine de canalisations considérable (la valeur du réseau unitaire d'évacuation ayant été évaluée en 2007 entre 25 et 30 milliards d'euros).

Le **secteur agricole** est l'un des secteurs les plus impactés par cette évolution. Si les modèles de croissance utilisés envisagent notamment une hausse de rendement des grandes cultures en réponse au changement climatique (des gains pour le blé pouvant atteindre 150 millions d'euros/an sont projetés), c'est sans compter sur **les effets des événements extrêmes, des variabilités interannuelles** (l'agriculture y est très sensible), de la baisse de disponibilité en eau. Ces facteurs, insuffisamment pris en compte par les modèles actuels, permettront d'affiner les résultats et remettront certainement en cause ceux du présent rapport. A 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** sous le scénario A2 en l'absence de mesure d'adaptation. De plus, **les gains potentiels disparaissent pour les réchauffements les plus importants**, c'est-à-dire à partir de la fin du siècle dans les scénarios fortement émetteurs (par exemple, des pertes pour le blé pourraient apparaître à partir de 2100 dans le scénario A2). La **viticulture** sera également affectée par le changement climatique avec de fortes disparités territoriales. Des baisses de rendement seraient attendues dans certaines régions (notamment en Languedoc-Roussillon) et une hausse dans d'autres (notamment en Bourgogne), mais avec des **effets potentiellement négatifs sur la qualité et la typicité des vins**. Dans le cas **des prairies**, l'exercice réalisé fait état, pour la zone étudiée (**zone périméditerranéenne**), d'un coût lié aux évolutions du climat de l'ordre de **200 millions d'euros par an** sur la seconde moitié du XXI^{ème} siècle pour compenser les baisses de rendement faisant suite à la *méditerranéisation* du climat. Il est donc nécessaire de s'adapter dès aujourd'hui à ces évolutions projetées.

Pour le **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. Seulement, sur cette même période, les **gains de productivité escomptés sont du même ordre de grandeur que les pertes possibles** par dépérissement, incendie, sécheresse. A plus long terme, la tendance paraît vraiment défavorable en raison du stress hydrique notamment, particulièrement 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 industriels 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 (DFCI) sont en place) ainsi que d'interactions plus fréquentes entre protection en milieu urbain et incendies de forêt. Il laisse aussi présager une **propagation territoriale (vers le Nord et en altitude)** de l'aléa « incendie de forêts »⁴³.

L'analyse réalisée par le groupe **Risques naturels et assurances** a porté sur quatre types d'aléas spécifiques : les inondations, les risques côtiers, le retrait-gonflement des argiles et les aléas gravitaires. Les quantifications réalisées font état d'un coût significatif. A titre d'exemple, à urbanisation constante, les dommages moyens annuels aux logements générés par le risque de **retrait-gonflement des argiles** pourraient dépasser **un milliard d'euros en 2100** dans le scénario climatique le plus défavorable. Ce coût pourrait être multiplié par un facteur 4 à 5 si l'on tient compte de l'urbanisation. De la même manière, en l'absence d'adaptation, les impacts des **risques côtiers** (érosion et submersion) sur les logements engendreraient, pour la seule région Languedoc-Roussillon, un coût pouvant dépasser **la centaine de millions d'euros par an à l'horizon 2100**. Les **coûts des inondations par débordement de cours d'eau** pourraient également être significatifs, 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** et à l'aggravation des aléas naturels en montagne, il n'a pas été évalué du fait d'un fort 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.

Dans le domaine de **l'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 (à parc d'équipement en climatisation actuel, cette hausse ne devrait néanmoins pas dépasser la baisse de consommation hivernale). 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 5,9Mtep/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 production** des centrales hydroélectriques, pour lesquelles l'eau constitue la « matière première », et à des **pertes de rendement** des infrastructures de production et de transport de l'énergie en période chaude.

Dans le secteur de la **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. Par exemple, en posant une hypothèse de 37500€ par année de vie perdue, sur la base des recommandations du rapport Boiteux⁴⁴ on

⁴³ Voir la « Synthèse du rapport d'étape de la mission interministérielle sur le risque incendies de forêt en lien avec le changement climatique », en Annexe I.8.

⁴⁴ Boiteux (2001).

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. 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 à court et moyen terme 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 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).

Dans le cas du **tourisme**, selon les résultats fournis par une étude du CIREN et de Sogreah à la demande du Groupe interministériel, le calcul de l'indice de confort touristique estival (ICT) a mis 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 dans certains départements de montagne (dans les Alpes notamment). **En 2100, un impact significatif sur le chiffre d'affaires estival** est à attendre, en raison d'une évolution à la baisse de l'attractivité touristique. En revanche, une amélioration des conditions sera constatée aux intersaisons – durant les mois de mai et juin notamment. 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.

Le changement climatique prévu pourrait rendre nécessaires des adaptations des **infrastructures routières**. Si la canicule de 2003 n'a pas semblé engendrer de désordres généralisés mettant en cause la pérennité des structures de chaussée ni des ouvrages d'art, en revanche les effets dus à une intensité thermique supérieure et ceux dus aux périodes répétitives de canicule ne sont pas appréciés à ce jour. Les effets indirects au niveau des fondations et assises n'ont pas été évalués (aléa géologique, sécheresse, variation du niveau des nappes phréatiques). 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 le réseau routier national métropolitain (hors autoroutes concédées et autres voiries), de **2 milliards d'euros**. Ce montant s'entend 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) Les conséquences en termes de pertes d'usage n'ont pas été évaluées : elles varient selon les mesures d'adaptation et de gestion de crise qui seront mises en place. Pour des raisons de disponibilité de données, les infrastructures portuaires, ferrées et fluviales et les systèmes de transport en commun, n'ont pas été étudiés.

Un apport majeur de la deuxième phase des travaux du Groupe interministériel concerne les conséquences du changement climatique sur la **biodiversité**, cet aspect

transversal n'ayant pas été traité lors de la première phase. 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**. La biodiversité est affectée directement par la modification de la température et de la pluviométrie notamment, mais le groupe insiste sur le fait que les effets indirects pourraient être au moins aussi importants (aggravation d'autres pressions, interdépendances fortes et conséquences de l'adaptation des différents secteurs). 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 à la disparition de services de régulation** sont à attendre en particulier dans la seconde moitié du XXI^{ème} 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.

La question de l'échelle d'analyse pertinente a été étudiée en particulier par le groupe **Territoires**. Celui-ci a par ailleurs axé ses travaux sur les interactions sectorielles à l'échelle des territoires (voir III.4.1) et la notion de **transition vers le changement**. Il a 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. A 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. Face à 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.

III.2.3 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 par les différents groupes.

Notons que ces options **ne constituent pas à ce stade des recommandations, mais plutôt des pistes à envisager dans le cadre de réflexions pour la 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. Pour une description plus détaillée de ces mesures, le lecteur est invité à se reporter aux rapports respectifs des groupes thématiques.

Note : le groupe Territoires propose une problématique d'ensemble plus que des mesures d'adaptation ciblées. De ce fait, leurs réflexions ne sont pas reprises dans ce

tableau. De manière générale, ce groupe préconise de soutenir **la capacité d'adaptation des acteurs** par l'**information** et la **sensibilisation** ; mais également par la mise à disposition **d'outils opérationnels** (outils d'analyse, d'accompagnement, de planification) et la **formation**, pour adapter les compétences aux nouveaux enjeux.

Le Tableau 10 présente quelques mesures d'adaptation spontanée identifiées par les groupes thématiques.

Tableau 10 - Options d'adaptation spontanée pour quelques secteurs

Thème	Mesures d'adaptation spontanée
Agriculture	
<i>Grandes cultures</i>	Prise en compte les effets du changement climatique dans les décisions stratégiques : <ul style="list-style-type: none"> - choix de systèmes de cultures - adéquation culture/sol - politique de conduite ou dans les décisions tactiques : <ul style="list-style-type: none"> - date de semis - choix variétaux - irrigation (limiter les apports en eau aux stades sensibles) - fertilisation - gestion de l'interculture)
<i>Viticulture</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction des variétés plus adaptées (variétés étrangères par exemple ou encore, introduction de cépages du Sud de la France dans le Nord) - Mesures d'ajustement de la hauteur du feuillage et d'apport d'eau - Mise au point de nouvelles techniques d'irrigation
<i>Prairies</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Diversification des systèmes fourragers - Abaissement structurel de la charge animale par hectare, compensable par une extension de surface et/ou une meilleure valorisation des produits - Mises à l'herbe plus précoce et pâturage plus tardif en automne, voire pâturage hivernal. - Adaptation de la conduite zootechnique : mises à bas au début de l'automne. - Accroissement des niveaux des stocks (afin de se prémunir contre une trop forte variabilité des rendements) - Changement du pilotage technique des prairies semées (prairies de pâture et de fauche) : nouvelles variétés à fort potentiel hivernal, modification des dates de semis, des dates de fauche et des pratiques de fertilisation
Forêt	
	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse des rotations/âges d'exploitabilité - Adaptation des systèmes d'exploitation/de production (schémas sylvicoles) - Diversification des peuplements - Au nord – adaptation dynamique de la gestion - Au sud – intensification concentrée sur zones littorales / extensification ailleurs - Capacité d'adaptation/flexibilité (les entreprises s'ajustent aux changements forêts, ne décident pas des choix des propriétaires/gestionnaires forestiers, sauf à s'engager dans une intégration verticale) - Capacité de transformation et d'approvisionnement - Usages des forêts autres que le bois : exemple pour la chasse
Energie	
	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des technologies de refroidissement de l'air : développement de l'équipement bâtiments et des véhicules en climatiseurs

Tourisme	
	<ul style="list-style-type: none"> - Installation de canons à neige dans les stations de sport d'hiver - Artificialisation des sites et pratiques touristiques (parcs de loisir, stades nautiques, golfs « hors sol ») - Développement de la climatisation des hébergements (hôtels et équipements touristiques). - Mesures de protection face à la montée du niveau de la mer (spécifiques aux hébergements et équipements touristiques) et mesures de compensation des volumes de sables emportés (maintien de l'activité balnéaire) - Politiques ou pratiques locales d'arbitrage de l'accès aux ressources de l'eau - Modification du comportement des touristes, en cas de temps pluvieux (annulation ou report selon lieu de résidence, mode d'hébergement, types d'activités, conditions d'engagement auprès des prestataires)

Dans le Tableau 11, sont reprises les pistes d'adaptation planifiée proposées par les groupes. Au-delà des mesures présentées ci-dessous, **les mesures favorisant amélioration des connaissances** sur le changement climatique et ses impacts devront faire partie intégrante de la planification nationale de l'adaptation. Des premières options allant dans ce sens sont décrites au chapitre IV – Perspectives.

Tableau 11 – Pistes pour l'adaptation planifiée par secteur

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
Général	
<i>Observations</i>	Développer les réseaux terrestres et spatiaux d'observations météorologiques et hydrologiques
<i>Prévision</i>	Renforcer les systèmes de prévision et de modélisation du changement climatique
<i>Recherche</i>	Développer la recherche climatologique, notamment sur les tendances à moyen terme à 30 ans Développer la recherche sur les matériaux robustes et adaptés Développer la recherche sur les impacts et l'adaptation Etablir des modèles socio-économiques dynamiques pour recherche sur l'adaptation des individus et des systèmes <i>Note : les perspectives de recherche sont décrites de manière plus détaillée dans le rapport complet</i>
<i>Diffusion</i>	Organiser une mise à disposition des résultats des modèles climatiques - notamment les désagréments au niveau local, et des études sur les impacts Organiser la diffusion de l'information à l'attention des acteurs des secteurs économiques concernés Assurer un support méthodologique et technique envers les administrations et collectivités qui doivent utiliser ces informations nouvelles Structurer un système d'information sur l'adaptation au changement climatique
Ressource en eau	
<i>Adaptation de la demande</i>	Par l'économie, modification des activités ou substitution à une autre ressource Réduire la consommation domestique : <ul style="list-style-type: none"> - Economies actives (éco-gestes) et économies passives (modification des technologies et standards de fabrication) Réduire la consommation agricole : <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des besoins des cultures en eau d'irrigation, en particulier au moment où le déficit en eau est le plus important Réduction du besoin en eau d'irrigation en acceptant une perte de rendement (mais pas obligatoirement de revenu) moins que proportionnelle à la réduction du volume apporté - Amélioration des techniques d'irrigation pour les rendre plus économes - Gestion raisonnée de l'irrigation favorisée par le découplage des aides aux grandes cultures - Réduction du volume d'irrigation en ne satisfaisant pas complètement le besoin de culture - Optimisation de la valorisation de l'eau disponible en diversifiant les calendriers d'arrosage et les cultures irriguées - Optimisation de l'efficacité de l'eau apportée quand l'arrosage est justifié

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<p>Mise en place de systèmes agricoles alternatifs plus robustes et moins exigeants en ressource en eau</p> <p>Adapter les pratiques agricoles : mise en place d'une politique de diminution des intrants , promotion des légumineuses et de l'agriculture biologique notamment</p> <p>Par l'aménagement du territoire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir une planification efficace de l'aménagement du territoire aux niveaux appropriés impliquant une modification des schémas d'élaboration des politiques <p>Par l'adaptation de la demande énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Améliorer le rendement des centrales de production - Mettre en place une gestion par chaîne d'ouvrages hydro-électriques (à envisager). - Promouvoir l'installation systématique des nouvelles centrales thermiques ou nucléaires dans les zones littorales avec prélèvements et rejets en mer (à étudier – en lien avec la biodiversité et les territoires notamment)
<i>Adaptation de l'offre</i>	<p>Par le développement de nouvelles infrastructures</p> <p>En cas de sécheresses sévères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des infrastructures d'approvisionnement en eau supplémentaires (stockage des eaux de surface ou souterraines, transferts d'eau ou recours à d'autres sources) <p>Par l'intervention sur les débits d'objectif</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réviser à la hausse les objectifs de débits en période d'étiage et de crise afin de réduire la pression sur les milieux aquatiques et de respecter les dispositions de la DCE
Risques naturels et Assurance	
<i>Adapter la politique actuelle de gestion des catastrophes naturelles à une situation climatique changée.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Développer la connaissance des aléas, de la vulnérabilité et des coûts - Développer la mise en place de réseaux de mesures pérennes sur les sites représentatifs, et d'indicateurs de suivi - Renforcer l'approche multi-risques - Renforcer la politique actuelle de gestion des risques naturels par des stratégies « sans regret » (exploitant les volets connaissance, surveillance et prévision, information et mémoire, prise en compte des risques dans l'aménagement et la construction, évaluation du rapport coût/efficacité des techniques de réparation des constructions existantes sinistrées, gestion de crise) - Etablir une gestion globale et coordonnée à l'échelle des bassins de risque les plus sensibles
<i>Risque inondation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Formuler des réponses adaptées en fonction de chaque bassin versant (dans le cadre des plans type programmes d'action de prévention des inondations et plans de gestion grands fleuves). - Adapter les coûts aux situations rencontrées (préparation à la gestion de crise, prévision, sensibilisation, construction d'ouvrages de protection, adaptation de la réglementation de l'usage des sols). - Etudier les réponses adaptées au risque de ruissellement urbain.
<i>Risques côtiers</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre en compte le changement climatique dans les documents d'aménagement et de planification - Développer des systèmes de vigilance et d'alerte - Analyser les effets de mesures de type : <ul style="list-style-type: none"> ➔ recul stratégique ➔ restauration du fonctionnement naturel (en cas de risque modéré : re-végétalisation, encadrement de la fréquentation touristique, suppression d'ouvrages de protection) ➔ maintien du trait de côte (par des ouvrages de défense uniquement dans les zones à fort enjeu)
<i>Retrait-gonflement des argiles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Adapter les fondations des maisons individuelles à l'ampleur des retraits/gonflements en fonction du terrain - Mettre en place des dispositions plus globales (préconisées dans les règlements des Plans de prévention des risques naturels) prévoyant à la fois l'amélioration de la qualité de la construction – fondation et structure - et la diminution de l'ampleur des sollicitations par une meilleure maîtrise des variations hydriques du sol.
Biodiversité⁴⁵	

⁴⁵ D'autres exemples de mesures possibles sont listées en Annexe D.3.9.

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
<i>Améliorer les connaissances scientifiques et opérationnelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer et rationaliser le recueil de données de base permettant d'apprécier les impacts du changement climatique - Développer des nouveaux modèles prospectifs d'évolution de la biodiversité en lien avec les scénarios climatiques et prenant en compte les pressions locales aux échelles spatio-temporelles adéquates pour la prise de décision - Valoriser les espaces protégés comme socles privilégiés d'observation des impacts du changement climatique et de suivi des stratégies d'adaptation - Développer l'évaluation économique des services écosystémiques afin de pouvoir comparer les coûts et bénéfices réels de différentes options de gestion et d'adaptation
<i>Intégrer les enjeux du changement climatique aux politiques existantes de conservation et de gestion de la biodiversité en France métropolitaine et d'outre-mer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 co-bénéfices <p>Espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intégrer le changement climatique dans le volet connaissance des plans nationaux d'actions relatifs aux espèces menacées, et améliorer les connaissances sur les impacts du changement climatique sur les espèces patrimoniales et d'intérêt économique et/ou récréatif - Renforcer les collaborations avec les pays limitrophes pour bien prendre en compte les migrations naturelles dues au changement climatique, par-delà les frontières administratives - Renforcer la prise en compte de la dimension infra-spécifique, élément crucial de l'adaptation des espèces au changement climatique - Repenser la notion d'espèce envahissante dans un contexte de changement climatique et adapter les politiques de prévention et de gestion <p>Espaces protégés (y-compris les PNR)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maintenir et étendre le réseau d'aires protégées -y compris pour le milieu marin- en intégrant la problématique du changement climatique dans la désignation de nouvelles aires - Intégrer le changement climatique dans les documents et modalités de gestion des espaces protégés <p>Projets de territoire, réseaux écologiques et connectivité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Développer les stratégies d'adaptation de la biodiversité dans toutes les politiques ayant un impact territorial (outils de planification liés à l'urbanisme, politiques sectorielles avec un fort impact sur le territoire...) - Mettre en place des réseaux écologiques (trame verte et bleue, trame bleu marine) afin de faciliter la mobilité des espèces sur l'ensemble du territoire et d'améliorer la fonctionnalité des écosystèmes - Généraliser en milieu marin l'approche écosystémique en prenant en compte les activités humaines
<i>Intégrer de nouveaux principes et outils dans ces mêmes politiques publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la gestion adaptative afin de définir des modalités de gestion prenant en compte les incertitudes futures, révisées au fur et à mesure de la disponibilité de nouvelles informations ou recherches - 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 - Elaborer un arbre de décision permettant de définir les modalités d'intervention ou de non-intervention les plus adéquates
<i>Promouvoir une gouvernance intégrée</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Mettre en place les structures de pilotage et d'animation multipartites et créer les lieux de débats - Développer la capacité d'analyse et d'anticipation des acteurs pour poser un diagnostic et définir des priorités d'action
<i>Sensibiliser et mobiliser l'ensemble des acteurs</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir les stratégies / mesures qui impliquent les usagers et acteurs locaux - Développer les recherches en sciences sociales sur l'acceptation des mesures d'adaptation - Mettre en place des actions de sensibilisation et de mobilisation du public sur l'ensemble des interactions biodiversité-changement climatique

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
Agriculture	
<i>Grandes cultures</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Diversifier les systèmes de culture, permettant de combiner « esquisse », « évitement » et « tolérance » - Augmenter la durée de végétation pour permettre la succession de cultures été-hiver là où jusqu'ici, seules des monocultures sont possibles - Mener une réflexion sur la pertinence de l'implantation de nouvelles cultures, comme le sorgho qui conviendrait particulièrement aux nouvelles conditions climatiques à la fois s'agissant de la digestibilité animale, de résistance à la sécheresse ainsi qu'au plan thermique. Il faudra alors prendre en compte l'approche par « filière », en étudiant les conséquences.
<i>Viticulture</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Procéder à des recherches génétiques pour de nouveaux cépages adaptés aux terroirs (en matière de précocité, durée du cycle, besoins en froid, sensibilité au gel) - Mener une réflexion sur l'évolution des AOC en lien avec le changement climatique - Mettre au point de nouvelles techniques d'irrigation
<i>Prairies et cultures fourragères</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Etendre l'exploitation à des surfaces d'ajustement si elles existent (estives d'altitude) ou création de ces surfaces (sorgho ou maïs à double fin). - Ré-analyser les politiques à long terme de gestion de l'eau pour favoriser l'irrigation des petites surfaces : capacité à stocker les excédents pluviométriques d'hiver permettant en même temps les irrigations de complément en fin de printemps et en été. - Aider à la mise en œuvre des actions d'adaptation dans le cadre de contrats collectifs (en commun entre éleveurs ou entre éleveurs et cultivateurs ou entre plaine et montagne). - Anticiper les impacts 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.
Forêts	
<i>Général</i>	<p>Gestion sylvicole</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 notamment tempêtes - Développer de nouvelles modalités de gestion des forêts de protection contre les risques naturels pour garantir la pérennité du boisement et sa production - Renforcer et systématiser les mesures visant à réduire les autres agressions contre les écosystèmes forestiers fragilisés <p>Recherche, observation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Travailler sur la robustesse/résistance des essences (génétique, amélioration) - Développer un système de suivi des impacts du changement climatique <p>Planification spatiale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modeler (extension et évolution) la gestion des aires protégées forestières - Spécialiser les territoires <p>Industrie, débouchés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter l'industrie aux bois pouvant être produits par les forêts de demain (essences, caractéristiques, géographie...) dans le respect d'une préservation maximale des capacités écologiques des écosystèmes - Développer des normes et appliquer les mesures visant à favoriser l'usage du bois (notamment dans la construction)
<i>Feux de forêt</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la prévision dans les dispositifs zonaux (météo notamment) - Utiliser des technologies nouvelles de traitement de l'information pour améliorer la détection, la surveillance et le contrôle - Mener des actions de prévention en matière d'urbanisme à la fois par voie de sensibilisation et par voie réglementaire portant sur : <ul style="list-style-type: none"> ➔ une compacité plus grande de l'urbanisation

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<ul style="list-style-type: none"> → la voirie desservant l'urbanisation proche de la forêt. → la gestion de l'interface entre l'urbanisation et la forêt. → la construction de réseaux (eau, électricité). → la construction d'habitations et leurs appendices extérieurs. → la trame verte. - Améliorer la gestion sylvicole (augmentation de la biomasse, traitement des peuplements déperissants, gestion des forêts de montagne) - Rechercher l'optimisation des moyens de lutte contre l'incendie en termes de coût/efficacité (choix du guet armé, ou positionnement de la flotte d'avions ou d'hélicoptères bombardiers d'eau) - Réexaminer les financements à tous les échelons (prévention locale jusqu'à la stratégie de lutte à l'échelon UE, Etat, collectivités, assureurs, privé)
Santé	
<p>A court terme (5 ans)</p>	<p>Actions prioritaires de santé publique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une structure interministérielle chargée de coordonner les compétences nationales en matière d'étude des conséquences sanitaires du changement climatique, d'évaluer régulièrement l'impact et l'évolution de ces conséquences, de mobiliser les capacités des différents secteurs, de réaliser et actualiser la priorisation nécessaire des conséquences sanitaires du changement climatique, de suivre, évaluer et orienter les actions de santé publique et des recherches engagées, enfin de permettre une meilleure articulation des échanges au niveau européen et international. - 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"> 1. surveillance des populations vectorielles et d'hôtes réservoirs ; 2. surveillance de la qualité de l'air et des eaux continentales, côtières et estuariennes, et des sols ; 3. surveillance des rayonnements naturels ; 4. surveillance des résistances et des adaptations des agents pathogènes ; 5. surveillance des pneumallergènes. - Mettre en place et généraliser des plans de réponse aux phénomènes météorologiques extrêmes (sur les modèles de plans existants : canicule, grand froid, ouragan...) incluant l'étude systématique des effets sanitaires (somatiques et psychologiques) de ces phénomènes. - Evaluer les plans existants. - Organiser la prise en charge des populations fragiles et à risque de fragilité (personnes âgées, personnes atteintes d'affection de longue durée, personnes précaires...) face aux phénomènes climatiques extrêmes. - Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique aux formations initiale et continue des professions de santé. - Intégrer les risques sanitaires d'origine climatique dans les messages et campagnes d'information à destination du public et des médias notamment à destination des adolescents. <p>Recherches prioritaires dans le domaine de la santé</p> <p><i>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</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir la recherche sur les capacités d'adaptation de l'homme aux changements climatiques. Ce développement doit être multidisciplinaire et porter à la fois sur : <ul style="list-style-type: none"> 1. La santé publique et l'impact économique surtout en temps de crise ; 2. La clinique et en particulier la physiopathologie et le traitement du choc thermique dû au coup de chaleur ; 3. La physiologie de la thermolyse, en particulier chez le sujet âgé ; 4. 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. <p>Pour le long terme</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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).

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
<i>A moyen terme (15 ans)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Surveiller l'impact sanitaire des modifications de la diversité biologique (flore et faune). - Mettre en œuvre une observation des événements de mutation des agents infectieux et de leurs hôtes, notamment en lien avec les rayonnements naturels. - Evaluer l'impact de réchauffement climatique sur la qualité des eaux et la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire, en particulier dans les COM-ROM et sur le pourtour méditerranéen
Energie	
<i>Adaptation de la demande</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Développer des technologies de refroidissement de l'air (développement de technologies de refroidissement plus efficaces énergétiquement pour les bâtiments et les véhicules) - Faciliter le développement d'un cadre bâti et d'un urbanisme réduisant la demande d'énergie, notamment celle de climatisation
<i>Adaptation de l'offre</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - Identifier les structures sensibles à la remontée du niveau de la mer
<i>Transversal</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcer les outils de modélisation de l'offre et de la demande en fonction du climat
Tourisme	
	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser les politiques de diversification de l'offre touristique, particulièrement pour les sites et activités très dépendants du climat : <ul style="list-style-type: none"> ➔ diversification des activités et des sources de revenus en hiver (hors ski) ; ➔ développement d'un « tourisme des quatre saisons », pour réduire la dépendance par rapport à la neige ➔ diversification des activités dans les stations balnéaires
Infrastructures de transport et cadre bâti	
<i>Infrastructures</i>	<p>Cas des infrastructures portuaires, ferroviaires, fluviales et des routes ne relevant pas du réseau routier national non concédé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Engagement d'une démarche avec les gestionnaires de réseaux concernés : collectivités territoriales, Réseau ferré de France, grands ports maritimes, Voies navigables de France, compagnie nationale du Rhône, sociétés concessionnaires d'autoroutes, sociétés gestionnaires de tunnels, RATP, sociétés gestionnaires de transports en commun... <p>Gestion des réseaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Référentiels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réviser les référentiels pour la construction (génie civil, fondations, équipements) et l'utilisation des réseaux de transport (véhicules, gestion du trafic, incidence sur la sécurité routière...) afin de tenir compte des modifications des actions d'origine climatique - Réviser la doctrine de l'entretien routier : recherche d'un nouvel équilibre entre niveaux de service, dimensionnement, fréquence des opérations d'entretien. - Préciser le concept d'aménagement réversible - Ces projets sont à engager parallèlement à une démarche d'amélioration des connaissances sur le comportement des matériaux et des structures (par exemple aux effets répétés des fortes chaleurs...) et sur le développement de solutions constructives innovantes (matériaux alvéolaires permettant le stockage de l'eau...) <p>Elaboration de différentes stratégies d'adaptation face au risque côtier et d'inondation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déplacement de l'infrastructure en « repli » vers l'intérieur - Maintien sur place avec aménagements appropriés de protection assurant le niveau de sécurité requis : systèmes d'évacuation des eaux, aménagement de zones inondables ; pompes (secteurs sensibles urbains) ; exhaussement de l'assise ; édification, surélévation, renforcement d'ouvrages de protection - Maintien sur place de l'infrastructure en acceptant des submersions temporaires (sous réserve qu'elles ne soient pas brutales), avec mise au point de dispositifs de surveillance, d'alerte, de

Thème	Pistes d'adaptation planifiée
	<p>gestion de crise, et la mobilisation anticipée d'itinéraires ou de moyens de transport de substitution ; inspection post-submersion des réseaux d'infrastructure de transport et des systèmes de sécurité qu'elles nécessitent pour leur exploitation</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'élaboration de telles stratégies repose sur un travail d'identification locale et détaillée des infrastructures concernées, de leur niveau de protection actuel et des fonctions qu'elles remplissent <p>Cas de la gestion de l'eau pour les voies navigables (mesure identifiée en phase 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réfléchir sur la problématique de gestion des conflits d'usage de l'eau. Pour répondre aux différents besoins, il peut s'agir de développer des ouvrages de soutien ou de rechercher des solutions alternatives pour certains usages (pompage dans les eaux souterraines, raréfaction de l'irrigation ...) <p>Cas du milieu urbain (mesure identifiée en phase 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - S'interroger sur le rôle que pourrait jouer la végétation en milieu urbain en lien avec ses impacts sur des « micro-climat », mais aussi de façon plus générale pour son rôle sur les crues ou sur la tenue des sols
<i>Cadre bâti</i>	<p>Energie et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mener des actions visant à réduire la consommation énergétique en chauffage et climatisation notamment à l'échelle des bâtiments (conception, isolation thermique, équipements plus performants, contrôle de qualité des travaux, évolution comportementale des occupants). <p>Santé et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les bâtiments pour limiter la vulnérabilité des occupants aux effets d'une période de canicule. - Mener des actions visant à faire évoluer durablement le comportement des occupants <p>Risques naturels et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les bâtiments au risque de retrait/gonflement des argiles (voir Risques naturels et assurance) - Anticiper les impacts des inondations (voir Risques naturels et assurance). <p>Territoires et cadre bâti</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en perspective la prise en compte des impacts sur les bâtiments, suivant les territoires

III.3 Difficultés rencontrées

Les principaux obstacles et difficultés méthodologiques rencontrés par le Groupe interministériel dans le cadre de cette étude sont présentés ci-après.

On notera en premier lieu qu'il s'est avéré impossible à ce stade d'employer **une méthode d'évaluation commune** aux différents secteurs, ce qui a conduit à des résultats relativement hétérogènes en termes de cadre, de nature, de scénarios (d'adaptation notamment) et de valeur monétaire de base (périodes de référence différentes). Cet obstacle a été également rencontré dans les rares exercices de ce type déjà menés dans d'autres pays que la France.

Le coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation est une problématique émergente. Les études d'impact disponibles sont incomplètes et ne concernent qu'une petite partie des activités sensibles au climat. Dans la plupart des secteurs étudiés, des travaux de recherche sont actuellement en cours pour pallier certains de ces manques – et il s'agit souvent de programmes de recherche dont les résultats ne seront pas disponibles avant plusieurs mois, voire plusieurs années. Si **l'absence de données exploitables** a constitué un obstacle à la quantification des impacts du changement climatique, les travaux thématiques auront permis de faire le

point sur l'existant, sur les travaux en cours et sur les lacunes relevées (voir chapitre IV).

Les modalités de **prise en compte de l'adaptation** dans les quantifications économiques ont évolué au fil de l'étude. A l'origine, il était prévu pour chaque thématique, d'évaluer deux scénarios d'adaptation (adaptation spontanée et adaptation planifiée) et de fournir des éléments sur les bénéfices de l'adaptation en comparant les coûts liés aux mesures et les gains associés à leur mise en œuvre (atténuation des impacts). L'exercice s'est néanmoins avéré compliqué, et ce pour plusieurs raisons :

- La limite entre adaptation spontanée et adaptation planifiée est souvent ténue, la distinction repose bien souvent sur des choix qui peuvent être arbitraires ;
- La prise en compte des stratégies planifiées d'adaptation est problématique car ces stratégies sont encore en cours d'élaboration ;
- L'efficacité de certaines options d'adaptation évoquées dans la littérature n'est pas quantifiée pour l'instant.

A ce stade, il a donc été décidé de **se concentrer en priorité sur le coût des impacts**. Certaines évaluations prennent néanmoins en compte des mesures d'adaptation spontanées ou planifiées, lorsque la littérature existante donne des éléments sur leur efficacité (c'est le cas pour l'agriculture ou encore l'énergie) ou lorsque leur efficacité et leur coût peuvent être évalués à dire d'experts (risques naturels par exemple).

Le travail réalisé révèle qu'il est parfois difficile de distinguer ce qui relève des impacts du changement climatique de ce qui relève de l'adaptation (spontanée) : c'est le cas par exemple pour le développement de la climatisation dans le secteur de l'énergie ou encore pour les coûts relatifs à la protection côtière s'agissant des risques naturels. Dans le cas du travail réalisé pour les prairies (groupe Agriculture) ou encore les infrastructures (canicule), le coût de l'adaptation spontanée a été utilisé pour représenter le surcoût de l'impact du changement climatique.

Il n'y a pas de consensus sur **l'évaluation des impacts non-marchands**, avec le risque de faire des jugements de valeur. Néanmoins, plusieurs travaux de recherche ont visé ou cherchent actuellement à donner des valeurs physiques ou monétaires à certains « biens », tels que la vie humaine, la biodiversité ou le bien-être. Pour les autres secteurs qui produisent des biens marchands, l'évaluation n'a pu concerner que ces biens là, conduisant à des évaluations partielles.

L'objectif du Groupe interministériel consistait en la caractérisation de la variation de l'impact introduit par le changement climatique et l'identification du coût de l'adaptation à ce changement. Or les travaux ont révélé la difficulté de **distinguer le changement climatique de la variabilité climatique**. C'est principalement dans l'analyse relative aux risques naturels que la caractérisation de cette différence s'est avérée difficile : les aléas étudiés par le groupe (inondations, risques côtiers, retrait-gonflement des argiles) sont en effet déjà présents sur le territoire, rendant difficile et pour certains d'entre eux – les inondations et risques côtiers –, impossible de distinguer variabilité et changement climatique et conduisant à renoncer aux évaluations autres que de long terme (2100).

La vulnérabilité au changement climatique est très **dépendante du contexte local**, tant en termes d'exposition aux aléas climatiques qu'en termes de sensibilité ou de

capacité d'adaptation. Cet aspect a, pour certains secteurs, gouverné le choix de l'échelle de l'évaluation (régionale / nationale). Il est apparu difficile, voire impossible, à partir d'une évaluation à l'échelle nationale, de tirer des conclusions locales. De la même manière, lorsque les évaluations sont réalisées à échelle locale, toute extrapolation au niveau national des résultats est hasardeuse.

Le changement climatique de par son caractère global est susceptible de conduire à des **impacts socio-économiques transnationaux**. Pour les biens et services intégrés à un marché mondial par exemple, les impacts du changement climatique en un lieu donné pourront influencer la dynamique du marché, en jouant sur les prix (marché du blé ou encore de l'énergie) et les avantages comparatifs des pays. L'impact du changement climatique sur les flux migratoires pourrait également être considérable, avec des répercussions significatives au niveau national. Ici, en raison de la complexité des mécanismes en jeu et de l'incertitude associée, ces effets résultant de la propagation transfrontalière des impacts du changement climatique ont dû être exclus du champ de l'étude.

L'incertitude est présente sur toute la chaîne de l'évaluation, incluant l'acquisition de données, la modélisation du climat (voir I.1.2.2), la quantification des impacts « physiques » du changement climatique et leur traduction en termes de coûts. A ce stade, au vu des connaissances et des moyens impartis, il n'a pas été possible de caractériser cette incertitude autrement que de manière qualitative et au mieux par une fourchette encore large de valeurs.

Bien que le choix de raisonner à économie constante visait en partie à **isoler les impacts du changement climatique**, il est souvent apparu délicat de séparer ce qui constitue une réaction au changement climatique de ce qui est dû aux autres changements (usages des ressources, comportements), pour des questions de faisabilité mais également de pertinence (liées notamment aux fortes interactions entre le changement climatique et les autres volets des changements globaux - démographie, migrations, modifications des usages du territoire). En ce qui concerne la biodiversité par exemple, la part des facteurs de pressions autres que climatiques dans les changements de biodiversité est prépondérante, rendant difficile l'isolement de l'aspect climat dans les évolutions attendues.

La réalisation d'**analyse territoriale** cohérente sous l'angle des impacts du changement climatique constitue un véritable défi. Faut-il raisonner par grandes zones, par type de milieu ? Comment intégrer les secteurs transversaux tels que la biodiversité, les infrastructures ? Comment intégrer les caractéristiques d'un territoire comme le tissu économique, la nature des réseaux d'acteurs, la répartition des richesses, la démographie présente et future ?

Enfin, la gestion des **interactions sectorielles** a constitué une difficulté notable, tant sur le plan méthodologique qu'organisationnel. Le chapitre suivant revient en détail sur ce point spécifique.

III.4 La question centrale des interactions sectorielles

III.4.1 La mise en évidence des interactions sectorielles

Les deux phases des travaux du Groupe interministériel ont permis de mettre en évidence la nécessité de prendre en compte les **interactions sectorielles et les**

aspects transversaux dans l'analyse des effets du changement climatique et dans la définition et l'évaluation des mesures d'adaptation envisagées.

Il est important de souligner la posture particulière du **groupe Risques naturels et assurances** qui, de par les aléas étudiés (inondations, submersion marine et érosion côtière notamment) et plus généralement son thème « risques naturels », se trouvait à l'interface entre les données climatiques et les études sectorielles. Les travaux réalisés ont montré la nécessité de travailler de manière multi-sectorielle et par des approches multi-risques.

Lors de cette seconde phase de travail, trois groupes transversaux se sont particulièrement attachés à identifier et caractériser ces interactions :

- le **groupe Territoires**, qui a mis en évidence le caractère indissociable des interactions avec la réalité des territoires et synthétise les facteurs (économiques, sociaux ou encore humains) gouvernant ces interactions ;
- le **groupe Biodiversité**, qui a proposé une analyse « croisée » des impacts du changement climatique et de l'adaptation des différentes thématiques et de la biodiversité ;
- et enfin le **groupe Eau**, qui a étudié les liens entre la ressource en eau et les secteurs d'activité qui en dépendent.

Le travail réalisé a révélé la complexité à modéliser et à quantifier économiquement, ces interactions, non seulement en raison de leur caractère non-marchand pour certains (cas de la qualité de l'eau ou de la biodiversité), mais aussi en raison des **rétroactions** et des **effets de propagation** (conséquences des impacts du changement climatique sur les activités économiques).

Schématiquement, en s'inspirant de l'analyse réalisée par le **groupe Biodiversité**, on peut proposer une représentation des différentes formes d'interactions considérées.

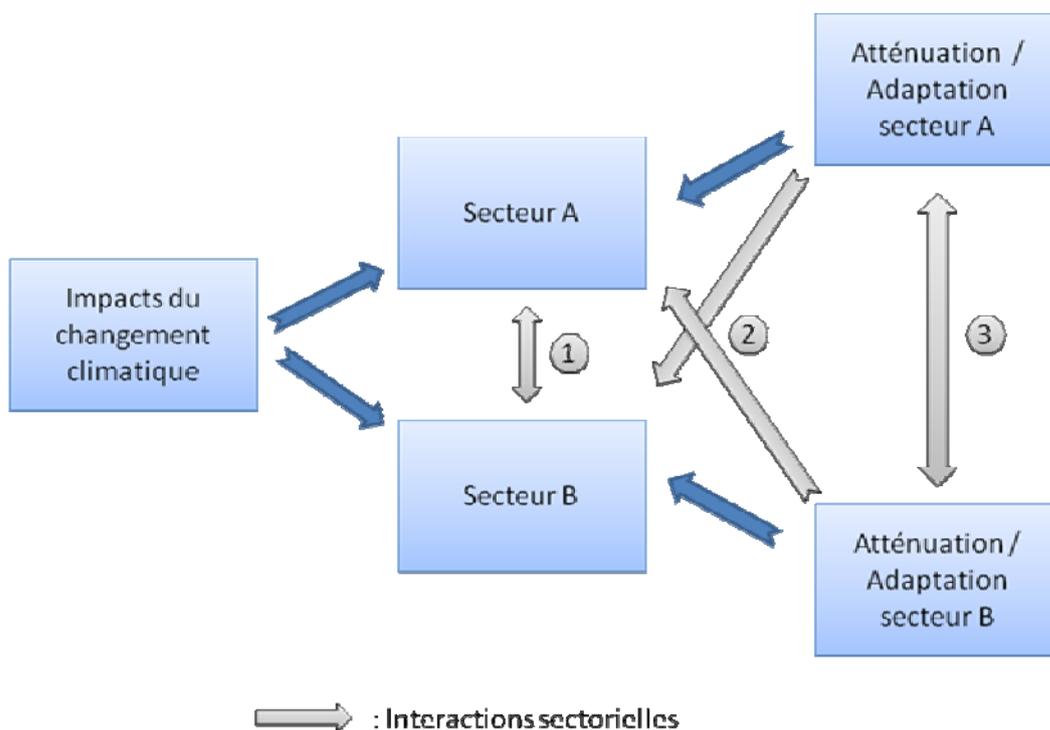


Figure 9 – Représentation synthétique des différentes formes d'interactions sectorielles (par souci de simplicité, la rétroaction des secteurs sur le climat n'est pas représentée)

La compréhension des impacts du changement climatique et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation efficaces impliquent une prise en compte de ces différentes formes d'interactions, telles que décrites ci-dessous :

- (1) les conséquences du changement climatique pour un secteur donné peuvent entraîner des effets « en cascade » pour d'autres secteurs, du fait des nombreuses interdépendances qui existent. L'exemple le plus évident est peut-être celui de la baisse de la disponibilité en eau, qui se répercutera sur l'ensemble des secteurs d'activité (agriculture, tourisme, énergie...). Les mécanismes qui gouvernent ces interdépendances (qu'ils soient financiers, en lien avec les ressources naturelles ou encore les ressources humaines) s'inscrivent à l'échelle des territoires. Les effets de propagation qui en découlent sont décrits dans le rapport du **groupe Territoires**.
- (2) Les mesures d'adaptation mises en œuvre, spontanées ou planifiées, ont inévitablement un impact sur les autres secteurs, qu'il soit marginal, positif ou négatif⁴⁶. On peut citer par exemple une mesure telle que le recul stratégique pour s'adapter à un risque de submersion marine, qui impactera la biodiversité de l'arrière-pays ; ou encore le développement de l'offre touristique aux intersaisons qui aura des conséquences sur l'ensemble de la sphère économique et sociale sur le territoire concerné.
- (3) Les mesures d'adaptation (ou d'atténuation) prises pour un secteur donné sont susceptibles d'interagir avec les mesures prises pour un autre secteur. Le

⁴⁶ Si ces interactions sont négatives, elles peuvent contribuer à augmenter la vulnérabilité du secteur au changement climatique – voir concept de mal-adaptation.

groupe Territoires évoque ainsi un risque d'incompatibilité de stratégies de lutte contre le changement climatique sur un espace donné (par exemple, une stratégie d'atténuation visant à limiter l'étalement urbain pour réduire les consommations d'énergie peut aller à l'encontre des stratégies d'adaptation au phénomène d'îlot de chaleur urbain).

Ces interactions multiples seront d'autant mieux gérées qu'elles seront anticipées, et prises en compte dans les **politiques d'atténuation et d'adaptation**, au niveau national comme au niveau territorial et local ; avec la nécessité d'analyser l'ensemble des mesures d'adaptation **et** d'atténuation, afin de favoriser les synergies et de minimiser les conflits. Pour cela il faut croiser le secteur et la dimension territoriale et **modifier les outils de gouvernance** pour prendre en compte ces enjeux croisés.

III.4.2 Mode de gestion et perspectives

Au vu des connaissances actuelles et des moyens disponibles, toutes les interactions sectorielles n'ont pu être traitées. La première phase de travail avait néanmoins permis d'identifier les principales, qui sont présentées dans le Tableau 12.

Pour la gestion de ces interactions en deuxième phase, les réunions du Groupe plénier, qui comptait parmi ses membres le pilote de chaque groupe thématique, ont constitué un lieu d'échange privilégié entre les groupes.

Très concrètement, les modalités de gestion des interactions suivantes ont été mises en œuvre – à l'initiative du Groupe plénier ou des groupes thématiques eux-mêmes :

- Désignation d'un groupe « leader » pour traiter d'un impact commun à deux ou plusieurs groupes (voir Tableau 12) ;
- Présence de représentants des groupes concernés dans les groupes transversaux (exemples : les pilotes des groupes sectoriels étaient membres de fait du groupe Territoire ; le groupe Eau était ouvert aux représentants des groupes Agriculture, Risques naturels et Biodiversité) ;
- Sollicitation directe par un groupe des pilotes des autres groupes thématiques sur des points spécifiques : c'est le cas notamment du groupe Territoires (voir Encadré 10) ;

Encadré 10 - Sollicitation des sous-groupes sectoriels par le groupe « Territoires »

Deux thèmes reliés à la problématique territoriale ont fait l'objet d'échanges et de contributions écrites des groupes sectoriels, tout en recherchant une cohérence d'ensemble. Les réponses des groupes thématiques à ces questions sont compilées dans le rapport du groupe Territoires.

Analyse territoriale des impacts

*Quels sont les impacts, en fonction des différents milieux, que vous avez identifiés à ce stade de vos travaux ?

*Avez-vous déjà identifié les impacts selon une échelle territoriale spécifique ou des éléments qui justifient une analyse plus fine des impacts à l'échelle d'un territoire ?

Organisation territoriale de l'action

*Avez-vous identifié une typologie d'acteurs correspondant à la mise en œuvre des mesures d'adaptation, voire une articulation des échelles de compétence ?

*Avez-vous pu aborder, et si oui de quelle manière, la prise en compte de la capacité d'adaptation des territoires et sa concrétisation en potentiels d'action ?

*Avez-vous identifié des outils spécifiques 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 ?

- L'atelier méthodologique organisé par le CIRED sur les coûts des impacts a également permis des échanges fructueux sur les impacts croisés du changement climatique.

Dans les étapes ultérieures de l'analyse du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation, il sera utile, comme l'a proposé le **groupe Eau**, de réfléchir aux modalités d'une modélisation des principales interactions sectorielles.

Tableau 12 - Principales interactions sectorielles identifiées en Phase 1 et traitement de ces interactions

	Agriculture	Forêt	Eau	Santé	Tourisme	Energie	Infrastructures	Risques naturels	Bio diversité	Territoires
Baisse de la ressource en eau, conflits d'usage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Synthétise les mécanismes et facteurs gouvernant les interactions à l'échelle d'un territoire et intègre plusieurs notions : gouvernance, transition, démographie, comportement de la population, jeux d'acteurs face au changement climatique
Usages de la ressource en bois		X				X			X	
Développement de maladies animales et végétales transmissibles à l'homme	X			X					X	
Modification des productions agricoles de terroir	X				X					
Modification des ressources pour la pêche	X		X						X	
Transmission de maladies par les voyageurs et santé des touristes				X	X					
Développements microbiens, évolution de l'aire de répartition de certains vecteurs				X					X	
Développement de maladies allergènes (pollens)				X					X	
Utilisation de l'énergie dans les transports				X		X	X			
Consommation d'énergie dans le cadre bâti						X	X			
Inondations			X	X		X	X	X	X	
Risques côtiers				X	X		X	X	X	
Mouvements de terrain (dont RGA)			X		X		X	X		
Incendies de forêt		X		X				X	X	

X : Groupe concerné par l'impact

X : Groupe « leader » pour traiter de l'impact

IV Perspectives

IV.1 Les champs thématiques à approfondir en priorité

Le travail réalisé ne visait pas, à ce stade, l'exhaustivité dans les thématiques traitées. Pour des raisons de faisabilité et de disponibilité des données, certains points n'ont pas pu être traités. Ces choix ne préjugent donc pas de l'importance des impacts du changement climatique sur ces secteurs, qui mériteraient d'être traités pour des travaux d'approfondissement.

Les champs qui n'ont pas été traités dans cette étude sont les suivants :

- On citera en premier lieu la thématique « **urbanisme** » ainsi que les secteurs **aériens, portuaires, fluviaux et ferroviaires**, qui étaient initialement intégrés au groupe Infrastructures de transport et cadre bâti, mais faute de temps et de données exploitables, n'ont pas fait l'objet d'une évaluation quantifiée.
- Les secteurs **maritime, de la pêche et de l'aquaculture** : la faune aquatique a été étudiée par le groupe Biodiversité, mais le secteur maritime et la pêche en tant qu'activité économique n'ont pas été traités.
- Les activités du **secteur tertiaire** (autre que le secteur du tourisme) n'ont pas fait l'objet d'évaluations spécifiques (sauf dans le cadre des évaluations transversales – santé ; transports ; risques naturels).
- Les activités du **secteur industriel** (autre que le secteur de l'énergie) n'ont pas été incluses dans ce rapport.
- Les impacts du changement climatique sur le **patrimoine culturel** seront à évaluer. Parmi les paramètres clés des évolutions climatiques, les précipitations, l'eau en général et les événements extrêmes accentueront les effets actuellement constatés. La réparation des dommages potentiels et l'adaptation ont et auront un coût élevé.

Enfin, l'intégration de **l'Outre-mer** dans l'évaluation quantitative des impacts et des mesures d'adaptation constitue une **priorité majeure** identifiée par le Groupe interministériel. La problématique du changement climatique dans les DOM-COM et la Nouvelle-Calédonie est différente de celle touchant la France métropolitaine, tant en termes d'évolutions climatiques projetées que de vulnérabilité à ces évolutions. 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.

IV.2 Besoins de recherche / suivi / connaissances identifiés

Le travail réalisé par les groupes thématiques a permis d'identifier un certain nombre de besoins de connaissances / de suivi communs, afin d'avancer dans la

compréhension des impacts économiques du changement climatique. Les principaux axes proposés par les groupes sont présentés dans cette partie.

Améliorer les connaissances sur les évolutions climatiques, en particulier pour les échéances à 30 ans. Si l'évolution de certains paramètres climatiques est aujourd'hui relativement bien cernée par les modèles climatiques, d'autres aléas restent soumis à une incertitude importante. Il s'agit principalement :

- De l'évolution du régime des précipitations, qui gouverne en partie l'évolution de la disponibilité de la ressource en eau, problématique commune à l'ensemble des groupes ;
- De l'élévation du niveau de la mer, phénomène dont la compréhension – notamment à l'échelle locale – reste partielle ;
- D'aléas climatiques fortement localisés, par exemple les aléas gravitaires qui se manifestent à l'échelle du versant de montagne ;
- Des données de prévision sur les évolutions des régimes d'insolation et de vent (impacts sur la production d'énergies renouvelables) ;
- Des conséquences du changement climatique sur le régime hydrologique, difficiles à évaluer du fait de la forte non-linéarité des processus et des rétroactions possibles, notamment par la végétation ;
- De la modification des principales caractéristiques physico-chimiques des habitats marins (température, pH, concentration en oxygène, *inter alia*), dont les effets synergiques sur les communautés animales et végétales sont à peine connus.

Les groupes ont par ailleurs mis en avant un besoin d'une **meilleure caractérisation de certains aléas** – les sécheresses ou les canicules par exemple – en termes d'intensité de température et de durée, ou encore de territorialisation. L'exercice de modélisation de l'évolution du nombre de canicules réalisé dans le cadre des travaux du Groupe interministériel a ainsi mis en avant les difficultés quant à trouver un consensus dans la définition même d'une canicule.

Les groupes ont également souligné le besoin de **données territorialisées**, que cela soit pour les aléas, les modèles, les scénarios climatiques ou les scénarios de développement socio-économiques. La démarche engagée ici pourrait être en effet déclinée à d'autres échelles, notamment celle des **collectivités locales**.

Une meilleure caractérisation de l'incertitude sur l'évolution du climat et sur les réponses des systèmes naturels et humains à ces évolutions s'avère par ailleurs nécessaire. Une qualification, voire quantification de l'incertitude permettrait en effet de relativiser de manière objective les résultats obtenus, de les rendre plus comparables et de les mettre en perspective de manière plus systématique.

Plusieurs groupes ont mis en avant le besoin de replacer le **changement climatique dans le contexte de changements globaux**. En effet :

- Pour certains secteurs, les changements autres que climatiques auront un impact plus important que le changement climatique lui-même ;

- L'évolution de la vulnérabilité au changement climatique est souvent très dépendante de facteurs autres que climatiques (évolutions socioéconomiques, démographiques, etc.).

Cet aspect souligne la nécessité de développer des **scénarios socioéconomiques prospectifs à l'échelle française**, territorialisés et communs à tous les secteurs, ce qui permettrait de prendre en compte ces facteurs externes sans ajouter d'incertitude trop importante aux évaluations. Le plan d'adaptation devra en effet se placer dans une **optique globalement dynamique**. Un cadrage préalable par des spécialistes de la démographie et de l'économie dynamique s'accordant avec les spécialistes de la dynamique du climat sera un impératif.

Il serait intéressant par ailleurs d'isoler, dans les évolutions observées des secteurs, la part imputable au changement climatique de la part imputable aux autres changements⁴⁷.

La **caractérisation et quantification des impacts non marchands** constitue un axe majeur d'investigation. Ceci est particulièrement vrai s'agissant de secteurs tels que la biodiversité, la santé ou la forêt qui, par définition, traitent en grande partie de « biens » et de services non marchands (notamment les biens environnementaux et les services écosystémiques). Le manque de données fiables pour certains impacts non-marchands empêche aujourd'hui d'utiliser une unité commune pour exprimer le coût des impacts, limitant ainsi les possibilités de comparaison intra et intersectorielles et la définition de priorités d'action en matière d'adaptation⁴⁸. C'est également vrai pour les impacts socioéconomiques non patrimoniaux, comme la perte de valeur pour la collectivité provoquée par la coupure pendant un certain temps d'une artère de communication (route, voie ferrée, transport en commun) urbaine ou interurbaine.

Intégrer les problématiques d'adaptation et d'atténuation apparaît fondamental. Des travaux de recherche visant une meilleure identification des synergies et des conflits entre ces deux approches est nécessaire pour aboutir à un plan d'adaptation qui soit efficace et cohérent avec les engagements internationaux et nationaux.

Une meilleure compréhension des comportements d'**adaptation spontanée** des différents acteurs est nécessaire : ceux-ci gouvernent en partie l'ampleur des impacts du changement climatique pour les secteurs étudiés. Or la nature, le coût et l'efficacité de ces mesures restent aujourd'hui peu connus. Concernant les mesures d'**adaptation planifiée**, une réflexion sur la faisabilité et l'acceptabilité de leur mise en œuvre est à engager : celles-ci dépendent en effet beaucoup de contextes culturels, socioéconomiques et technologiques locaux. Il est également nécessaire de poursuivre les travaux sur les **coûts de l'adaptation**, qui n'ont été que peu abordés ici. Dans cette perspective, les travaux des groupes ont révélé un besoin d'outils d'analyse économique de l'adaptation, à la croisée de **l'économie de l'incertain** et de **l'économie du long-terme**, deux disciplines pour lesquelles un déficit de connaissances est avéré.

⁴⁷ Dans ce but et afin de mieux comprendre la stagnation des rendements chez le blé tendre, l'INRA et Arvalis-Institut du végétal ont récemment analysé les facteurs susceptibles de limiter la production française en faisant appel à l'agrométéorologie, la fertilisation azotée, la protection des cultures et l'amélioration variétale (cf. Perspectives agricoles n° 355 d'avril 2009)

⁴⁸ Le rapport du CAS (2009) a d'ores et déjà permis d'améliorer les connaissances et d'étendre les possibilités d'évaluation quantifiées des impacts non marchands. Voir : CAS, 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, Centre d'Analyse Stratégique, 376 p.

Le travail réalisé par le Groupe interministériel a permis de mettre en avant le besoin d'une plus grande **prise en compte des interactions sectorielles** (au moins les principales) – notamment celles liées à l'eau, aux risques naturels et à la biodiversité. Les impacts du changement climatique sur un secteur donné seront en effet largement influencés par les impacts touchant les autres secteurs (voir III.4). Une caractérisation précise, voire une modélisation de ces interactions apparaît être un axe de recherche fondamental pour permettre une meilleure compréhension des effets du changement climatique et de leurs coûts. Dans cette perspective et de manière transversale, les groupes ont souligné la nécessité de 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. Il apparaît également indispensable de poursuivre une **réflexion multi-risques et multi-sectorielle** sur l'adaptation aux impacts du changement climatique.

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

IV.3 Les études complémentaires à mener par secteur

Cette première étape exploratoire, si elle comporte des limites, a permis d'identifier les manques de connaissances et un certain nombre de pistes pour aller plus loin dans les prochaines étapes. Ces pistes, pour chaque secteur, sont présentées dans le Tableau 13. Elles restent à discuter, développer et travailler par les acteurs concernés pour la planification de l'adaptation à l'échelle nationale.

Nous distinguons ici les besoins relevant d'un manque de connaissance et de compréhension des impacts, impliquant parfois la mise en place de programmes de recherche à long terme, des besoins relevant davantage du suivi, de l'observation et de la construction de réseaux d'acteurs. Ces éléments s'ajoutent aux points mentionnés précédemment.

Tableau 13 - Quelques pistes de recherche identifiées par les groupes thématiques

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
Général (voir IV.2)	<p>Mener des recherches sur la prédiction climatique aux échelles décennales à centennales</p> <p>Mener des recherches sur les stratégies d'adaptation et de décision dans l'incertain</p>	<p>Favoriser les relations et l'interconnexion entre chercheurs et monde professionnel - par le biais des instituts techniques - afin d'assurer un transfert de connaissances et permettre aux agriculteurs de s'accoutumer aux nouvelles données liées au changement climatique.</p> <p>Collaborer avec d'autres pays faisant face aux mêmes problèmes d'adaptation</p>
Agriculture	<p>Mener / poursuivre les recherches pour approfondir les connaissances s'agissant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de l'impact sur les bioagresseurs - de la prise en compte de l'aspect azote et l'utilisation d'intrants minéraux - de l'apport en CO₂ et de son impact sur les rendements des végétaux - de l'impact du changement climatique sur la qualité des produits - de l'érosion des terres arables - de l'impact du changement climatique sur les pollinisateurs <p>Elaborer progressivement des approches affinées des prévisions par région et par type de système agricole</p> <p>Prendre en compte le degré d'aversion au risque des exploitants agricoles</p>	<p>Faire évoluer les systèmes de réseaux de surveillance et d'alerte des agents pathogènes. Il convient de surveiller une liste commune de germes, selon des modes de surveillance et d'alerte harmonisés (outils, maillage,...) rendant des résultats comparables et synthétisables au niveau communautaire ;</p> <p>Faire évoluer les moyens et des modes de gestion de la prévention et de la lutte contre l'émergence et l'implantation des agents pathogènes et des maladies exotiques ;</p> <p>Connaitre et surveiller les modifications des aires d'implantation des vecteurs connus et étudier la possibilité pour des espèces indigènes à l'Europe de prendre le relais des vecteurs répertoriés. Il faut donc développer les moyens scientifiques de certaines spécialités aujourd'hui en déshérence comme l'entomologie vétérinaire et médicale.</p> <p>Pour les maladies transmissibles à l'homme, les systèmes de surveillance des maladies animales et ceux dédiés aux maladies humaines doivent donc collaborer, s'épauler, se compléter et pour cela utiliser un langage commun.</p>
Forêt	<p>Inventorier les ressources génétiques de la forêt et comprendre les effets du changement climatique sur la forêt, notamment à l'échelle locale et au niveau des essences forestières</p> <p>Comprendre la capacité d'adaptation naturelle des ressources génétiques</p>	<p>Réaliser un inventaire des pratiques actuelles et des mesures d'adaptation à l'échelle régionale / locale</p> <p>Mettre en place une stratégie communautaire et de coopérations scientifiques internationales pour la recherche sur les effets du changement</p>

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
	<p>forestières présentes, intervention des biotechnologies pour génotypes mieux adaptés aux pressions</p> <p>Redéfinir un zonage du territoire avec des vocations forestières conseillées et encouragées en fonction des risques</p> <p>Mieux valoriser les services fournis par la forêt (autres qu'approvisionnement), mieux connaître l'économie de la gestion forestière</p> <p>Intégrer la notion de risque financier aux analyses de coûts</p> <p>Etudier l'évolution et le coût des politiques de prévention des incendies</p>	<p>climatique sur la forêt</p>
Santé	<p>Mieux caractériser les coûts intangibles (qualité de vie)</p> <p>Clarifier les difficultés méthodologiques soulevées par les évaluations économiques</p> <p>Améliorer la qualification de la catastrophe naturelle (définition, durée, comment évaluer la fin d'une catastrophe, ...), la définition d'indicateurs d'exposition et de zones exposées</p>	<p>Procéder à des retours d'expérience et des évaluations systématisées et homogènes à l'échelle du territoire national (ex : bilans épidémiologiques lors d'événements extrêmes)</p> <p>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.</p>
Energie	<p>Définir des secteurs clés en termes économique ou stratégique qui pourraient focaliser l'attention du secteur énergétique et donc être privilégiés dans le cadre des travaux de recherche appliquée</p> <p>Calculer les impacts sur la base des données annualisées d'un pool de modèles et ensuite les agréger aux différents horizons afin de quantifier l'impact cumulé quantitatif et économique, pour en tirer des éléments de macroéconomie (impact en points de PIB par exemple).</p>	<p>Elargir la concertation (notamment avec les opérateurs énergétiques)</p> <p>Obtenir des données d'observation sur les consommations et l'équipement des ménages : par exemple, sur les taux réels d'équipement en climatisation.</p>
Tourisme	<p>Poursuivre le travail d'enquête sur les perceptions des touristes face au changement climatique</p> <p>Affiner la méthodologie d'indices de confort climatique en l'adaptant aux spécificités des touristes en France ; par exemple, par un couplage avec les enquêtes mentionnées plus haut.</p>	<p>Etendre la concertation aux opérateurs touristiques nationaux, afin de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - apprécier leur degré de sensibilité face au changement climatique, en mettant en évidence les freins qui entraveraient une bonne prise en compte du changement climatique dans leurs stratégies - connaître leur positionnement actuel en matière d'adaptation au changement climatique

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
Infra-structures	<p>Etendre l'analyse aux réseaux routiers départementaux et communaux, sans aux réseaux ferroviaires, fluviaux, portuaires et aux transports en commun urbains (TCU)</p> <p>Canicules</p> <p>Lancer des travaux d'études et de recherche 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 (renouvellement de couches de roulement en surface / durcissement de la norme technique) - la « fatigue climatique » de l'enrobé par sollicitations répétées d'amplitudes thermiques importantes <p>Submersions</p> <p>Reprendre l'évaluation en prenant en compte les caractéristiques des ouvrages de protection</p> <p>Elaborer une méthode pour l'appréciation des coûts liés aux pertes d'usage selon la typologie de l'infrastructure, des services rendus et des possibilités de substitution</p>	<p>Canicules</p> <p>Mettre en place des dispositifs d'observation adéquats ou procéder à des tests afin de vérifier les comportements des routes et ouvrages d'art en cas d'épisodes répétés de canicule</p>
	Cadre bâti	<p>Inondation</p> <p>Evaluer les performances des dispositifs de protection provisoires contre les inondations de manière à mettre à disposition des collectivités locales, des entreprises et des particuliers des informations fiables relatives à la portée et aux limites de ces dispositifs</p> <p>Canicule</p> <p>Evaluer les effets sur le climat urbain et les consommations d'énergie (en été et en hiver) d'une modification de facteurs urbains (propriétés radiatives des matériaux, présence de végétation ou d'eau, ...)</p> <p>Retrait/gonflement des argiles</p> <p>Améliorer les connaissances entre climat et teneur en eau des sols argileux de manière à mieux définir les conditions optimales de fondation des bâtiments</p>

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
Eau	<p>Améliorer les connaissances sur les impacts observés et prévus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les impacts du changement climatique sur la qualité de l'eau - les effets du climat sur l'hydrologie passée - le fonctionnement des milieux et leur réaction au changement climatique (zones humides, zones littorales...) - les distributions climat x sols x systèmes de culture - les usages de l'eau (vulnérabilités économiques, détermination de seuils de rupture) <p>Mieux caractériser les sécheresses, ce qui permettrait d'affecter des périodes de retour et donc d'observer plus finement l'aggravation ou non de ces phénomènes</p> <p>Amélioration des modèles de transformation pluie-débit, et prise en compte des transferts vers les eaux souterraines, meilleure prévision des bas-débits, et régionalisation des études, projections et modèles.</p> <p>Caractériser le territoire en hydro-éco-régions homogènes permettrait d'étudier les impacts et de faire des scénarios.</p> <p>Mieux évaluer à l'échelle du bassin les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation les plus appropriées sur la base d'une analyse coûts-bénéfices (y compris les coûts et bénéfices environnementaux). Affiner notamment les évaluations financières des gains des milieux (selon les fonctions de ceux-ci)</p> <p>Réaliser des recherches sur les technologies d'économie d'eau, de traitement ou de recyclage</p>	<p>Améliorer les réseaux de surveillance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Surveillance des eaux de surface : afin de mieux percevoir l'impact du changement climatique, notamment concernant les bas-débits et des crues, mener une réflexion sur la pertinence du réseau de stations de surveillance, et sur les méthodes de mesure, en incluant la surveillance de la température des rivières (prolongation des travaux de l'ONEMA) - Surveillance des eaux souterraines : redéfinir le réseau de points de mesure afin d'assurer le suivi quantitatif et qualitatif des eaux souterraines <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>
Bio-diversité	<p>Identifier les besoins et augmenter les investissements dans la recherche liée au changement climatique</p> <p>Réfléchir à une stratégie de collecte de données permettant une exploitation des résultats plus pertinente aux niveaux national et international</p> <p>Intensifier les collaborations interdisciplinaires et intersectorielles</p> <p>Etudier les réponses des espèces et populations au changement climatique (génétique, physiologique, comportementale, démographique...) et évaluer la vulnérabilité de la biodiversité et des écosystèmes associés et leur potentiel d'adaptation</p>	<p>Maintenir, améliorer ou mettre en place des programmes et outils de suivi de la biodiversité, valablement interrogeables sur la question du changement climatique et de ses impacts</p> <p>Identifier des indicateurs pour surveiller les impacts du CC sur la biodiversité, évaluer la vulnérabilité et l'efficacité des mesures d'adaptation</p> <p>Utiliser les espaces protégés comme socles d'observation et territoires de référence pour étudier les effets du CC</p> <p>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</p>

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
	<p>Prédire l'évolution de la répartition géographique des habitats et des espèces</p> <p>Développer des connaissances sur les nouveaux habitats et espèces</p> <p>Mieux caractériser les micro-régulations climatiques, responsables des micro-habitats</p> <p>Etudier et surveiller les écotones, les zones refuges et les gradients</p> <p>Etudier les processus de changement à des échelles spatiales et temporelles multiples ; lancer des études intégrant des causes de changement multiples</p> <p>Renforcer les connaissances et observations de la biodiversité en zone urbaine : potentiel, promotion, comportement, développement...</p> <p>Modélisation</p> <p>Bien définir les limites des modèles afin de clarifier leur rôle dans la prise de décision</p> <p>Développer des modèles prédictifs du devenir des espèces, habitats et écosystèmes plus complets, plus performants et plus réalistes</p> <p>Résoudre les problèmes de compatibilité d'échelle pour permettre un recoupement entre modèles, aires de gestion et observations empiriques</p> <p>Développer des modèles adaptés aux terres d'outre-mer</p> <p>Valider les résultats des modèles avec des données de terrain</p> <p>Développer des outils de simulation de gestion de crise pour aider à la décision et tester des scénarii de réponse à la crise</p>	<p>écosystèmes, dans la perspective des stratégies d'atténuation du CC</p> <p>Documenter la répartition actuelle et historique des espèces</p>
Risques naturels	<p>Améliorer les connaissances sur l'impact du changement climatique sur le ruissellement urbain et ses conséquences économiques</p> <p>Améliorer les connaissances sur l'humidité du sol et son évolution</p> <p>Mieux caractériser les aléas gravitaires, leurs causes et conséquences et l'impact du changement climatique sur ces aléas</p> <p>Caractériser l'importance de l'aspect « réseau » dans l'évaluation des dommages liés aux risques naturels (réseaux de transport, d'électricité...) et améliorer la connaissance des impacts intangibles</p> <p>Caractériser l'amplification des dommages (effet macro) résultant d'un</p>	<p>Réaliser un recensement / une cartographie complète des enjeux</p> <p>Mettre en place un suivi et des bases de données nationales sur les dommages ; réaliser une cartographie des dommages actuels suite aux événements extrêmes</p> <p>Améliorer l'observation du coût économique du ruissellement pluvial</p> <p>Améliorer la précision des données altimétriques</p>

Secteur	Besoins de connaissances sur les impacts et la capacité d'adaptation	Besoins de mise en place de réseaux, de suivis, d'outils
	<p>événement « généralisé » (par opposition à événement localisé)</p> <p>Réaliser une analyse exhaustive de l'impact du CC sur les régimes hydrologiques (et de l'évolution des temps de retour)</p> <p>Réaliser une analyse exhaustive du recul du trait de côte</p> <p>Mener des études sur le rôle de l'assurance et des outils de partage du risque</p>	
<p>Territoires</p>	<p>Etudier les échelles pertinentes d'impact, de résilience et / ou compensation des effets du changement climatique, évolution démographique, scénarios de développement et d'aménagement</p> <p>Améliorer la compréhension des comportements d'adaptation des acteurs et de la population</p> <p>Etudier les impacts du changement climatique en termes d'emplois sur un territoire, en prenant en compte les mouvements d'emplois au sein des secteurs ou des régions. Adaptation des formations avec formation et mobilisation des acteurs.</p> <p>Améliorer la connaissance régionalisée des impacts du changement climatique sur les activités, telles que les activités touristiques et de loisirs, ainsi que des impacts indirects en termes économiques et d'attractivité résidentielle.</p>	<p>Mieux identifier les acteurs et les compétences en lien avec le changement climatique</p> <p>Favoriser la mise en place d'une gouvernance à différents échelons territoriaux ; permettre une planification transversale et de long terme, en partenariat avec les experts locaux, les services de la collectivité ; assurer une meilleure articulation avec les acteurs privés</p> <p>Consulter les acteurs en amont afin d'identifier leurs perceptions d'une part mais également leurs propositions pour faire face à cette problématique</p> <p>Sensibiliser et mobiliser les citoyens (formation des jeunes générations). Apporter une connaissance scientifique identique à l'ensemble des acteurs</p> <p>Améliorer l'observation sur la migration des activités en lien avec le changement climatique</p> <p>Tenir compte de l'existant, mettre en place des « best practice » sur les territoires</p> <p>Concevoir des outils d'accompagnement : structuration des actions, outils de planification ou d'organisation de la démarche territoriale, démarche de communication autour des enjeux et des résultats des actions mises en œuvre, formation des acteurs aux outils</p> <p>Permettre une vulgarisation des résultats scientifiques pour que les acteurs et les citoyens se représentent au mieux les enjeux, à l'aide de scénarios prospectifs (cartes, schémas, images,...)</p>

V Conclusion de la partie

Cette première partie a présenté le contexte de l'étude, ainsi qu'une analyse des résultats des travaux des groupes thématiques. Les difficultés et les besoins de recherche identifiés ont également été présentés. La suite du rapport présente les rapports complets des groupes thématiques. A leur lecture, le caractère exploratoire de l'analyse ainsi que les hypothèses et limites évoquées tout au long de cette première partie doivent être gardés à l'esprit.

De manière générale, le travail réalisé indique que l'évaluation des coûts des impacts du changement climatique et de l'adaptation à l'échelle nationale représente aujourd'hui un **véritable défi**. Le champ d'étude étant nouveau, la connaissance et les méthodes d'évaluation ne sont pas toujours disponibles, impliquant souvent de poser des **hypothèses simplificatrices** pour évaluer les coûts. Les travaux réalisés ont néanmoins permis d'identifier certaines **pistes de recherche et besoins de connaissances qui permettront d'approfondir l'analyse**.

De manière transversale, il paraît fondamental d'approfondir l'étude de phénomènes qui n'ont été que peu traités - ou exclus du champ de l'étude pour des raisons de faisabilité - et dont l'influence sur le coût des impacts du changement climatique pourrait être significative. La définition de mesures d'adaptation efficaces impliquera ainsi de prendre en considération des facteurs tels les **transferts de vulnérabilité** (d'un secteur à l'autre, d'un territoire à l'autre) ou encore les **effets redistributifs** du changement climatique, les territoires et les groupes sociaux n'étant pas égaux face aux impacts du changement climatique. Une telle analyse doit enfin s'inscrire dans un cadre plus vaste que celui d'une France « isolée du reste du monde », afin de tenir compte des effets de **propagation** transfrontalière (flux migratoires notamment). La prise en compte de ces effets dans l'analyse des coûts nécessite de croiser les compétences et les expertises pour développer des outils et des méthodologies spécifiques.

En tout état de cause, le travail effectué depuis la constitution du groupe en 2007 a permis de sensibiliser et de mobiliser les divers départements ministériels et secteurs concernés. Malgré les difficultés d'ordre méthodologique rencontrées par les groupes 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**.