

Sommaire

MOT DU PRÉSIDENT	5
RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS	7
INTRODUCTION	13
Le cadre du présent rapport	14
Rappel de la mission de l'ONERC	15
Organisation de l'ONERC et relations avec les autres institutions	21
Chapitre I. Les événements extrêmes	23
Éléments sur la fréquence et l'intensité attendues des événements extrêmes	25
Les événements météorologiques extrêmes	28
Quelques enseignements d'événements climatiques récents	34
Chapitre II. Les signes du changement	39
Le dispositif de recueil et de diffusion d'information de l'ONERC	41
Quelques évolutions remarquables	42
Les indicateurs du changement climatique	48
La comptabilisation des impacts	49
Chapitre III. La vulnérabilité au changement climatique	53
Quelques définitions	55
L'évaluation de la vulnérabilité	56
Approche de la vulnérabilité au plan local	57
Vulnérabilité des organisations humaines et des dispositifs techniques complexes	60
Chapitre IV. Les stratégies d'adaptation	61
Gestion des situations critiques	67
Actions pilotes	68
Quelle démarche à plus long terme ?	71
Agir localement	75
Le financement de l'adaptation	77
Chapitre V. Conclusions et recommandations	79

ANNEXES

Annexe 1. Membres du conseil d'orientation	87
Annexe 2. Références bibliographiques	91
Annexe 3. Plan climat 2004. Volet relatif à l'adaptation	95
Annexe 4. Quelques indicateurs susceptibles d'être liés au changement climatique	99
Annexe 5. Projets relatifs aux impacts, à l'adaptation et à la vulnérabilité financés dans le cadre du programme gestion et impacts du changement climatique du MEDD	103
Annexe 6. Liste des sigles et abréviations	105
Annexe 7. Le site internet de l'ONERC. Page d'accueil	109

Mot du président

La canicule de l'été 2003, après les tempêtes de décembre 1999 et les nombreux épisodes d'inondations qui se sont succédés ces dernières années, a ancré chez les Français l'idée de la réalité du réchauffement climatique, et suscité une inquiétude sur ses conséquences actuelles et à venir. De fait, le réchauffement climatique a cessé d'être une question uniquement globale, inscrite dans un espace-temps qui nous dépasse pour être une question qui concerne de plus en plus notre quotidien. Il met en cause tant l'avenir de la planète, c'est-à-dire de l'humanité et de l'ensemble des espèces, que nos habitudes de vie, notre santé ou l'aménagement de nos communes.

La multiplication des événements climatiques extrêmes sur l'ensemble de la planète comme sur notre territoire confirme bien l'urgence d'une politique ferme en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ; mais elle oblige aussi à mieux comprendre les effets du réchauffement, et à mettre en œuvre une véritable politique pour s'adapter à cette évolution.

De l'avis unanime des experts du GIEC, de l'Agence européenne de l'environnement comme de l'Organisation météorologique mondiale les changements climatiques sont déjà en cours et ses effets commencent à entrer en action.

Des changements profonds sont désormais inéluctables, quels que soient les efforts de réduction des émissions qui pourront être déployés. Ceux-ci vont affecter de nombreux secteurs : agriculture, tourisme, pêche, aménagement du territoire, bâtiments et infrastructures, protection des populations... En ce sens, la question des changements climatiques a cessé d'être une question strictement scientifique concernant un avenir lointain pour devenir un enjeu actuel éminemment politique.

La création de l'ONERC (Observatoire national des effets du réchauffement climatique) par une loi votée par le Parlement à l'unanimité témoigne de la prise de la conscience qu'il n'est plus permis d'attendre mais qu'il est urgent d'agir pour adapter nos politiques sectorielles, nationales et locales, aux perturbations climatiques annoncées. L'adaptation de notre territoire aux changements climatiques est devenu un enjeu majeur qui appelle une mobilisation nationale. Sur proposition du conseil d'orientation de l'ONERC, pour la première fois cette année, figure dans le plan climat – à côté du volet relatif à l'atténuation – un volet spécifique consacré à l'adaptation. C'est là une avancée importante car une politique aussi globale qu'équilibrée doit impérativement reposer sur ces deux piliers.

L'ONERC a précisément été créé pour informer sur les conséquences de cette dérive du climat, et pour offrir au gouvernement, aux élus et aux collectivités, acteurs du développement, les moyens d'élaboration d'une véritable politique de prévention et d'adaptation.

C'est là un chantier immense, où tout est à faire, où tout est à imaginer dans l'échange d'informations entre la communauté scientifique, les associations et les élus. C'est là un champ nouveau dans lequel il importe de s'engager avec autant de modestie et de prudence que de fermeté et d'ambition. C'est là une construction inscrite dans la durée dont ce premier rapport trace les premières grandes lignes. Entre la sous-estimation de l'enjeu et le catastrophisme, il existe un espace d'action fondé sur la rigueur scientifique et la responsabilité de l'élu.

Bien sûr, la mise en œuvre de ces mesures de prévention et d'adaptation appelle une mobilisation de moyens à la hauteur des enjeux. Mais l'attentisme aurait un coût autrement plus onéreux tant sur le plan humain qu'économique.

Le lourd tribut payé par les pays en voie de développement face aux catastrophes naturelles, par absence de système d'alerte et de mesures de prévention, confirme bien l'importance de forger, à tous les niveaux, une véritable culture du risque. Ainsi, à titre d'exemple, il nous faudra évaluer la vulnérabilité de nos zones littorales, aussi bien en France continentale que dans les îles de l'outre-mer, face à l'élévation annoncée du niveau de l'océan et en tirer toutes les conséquences.

Cela appelle également une révolution conceptuelle dans les processus de décision. Il importe que la donnée climatique soit systématiquement intégrée à tous les niveaux, qu'il s'agisse des documents de planification, notamment en matière d'aménagement du territoire, que dans la réalisation des infrastructures et des bâtiments.

Puisse ce premier rapport de l'ONERC et les recommandations qui y sont contenues être le point de départ d'une politique nationale ambitieuse en faveur de l'adaptation du territoire aux impacts des changements climatiques afin de placer tous les territoires de la République en situation d'affronter dans les meilleures conditions des bouleversements devenus aujourd'hui irréversibles.

Paul Vergès

Résumé pour décideurs

Introduction

La combinaison et la simultanéité du réchauffement planétaire, des évolutions démographiques, des effets de la mondialisation ouvrent une période de bouleversements sans précédent dans l'histoire de l'humanité dont nous ne mesurons pas encore toute l'ampleur.

L'ONERC a été créé par la loi afin d'informer sur les conséquences du réchauffement climatique, et pour offrir au gouvernement, au Parlement, aux élus et aux collectivités, acteurs du développement, les moyens d'élaboration d'une véritable politique de prévention et d'adaptation.

Le changement climatique est en cours, et nous en constatons déjà un certain nombre de conséquences, qui ne feront que s'amplifier. Cela signifie qu'une politique globale et équilibrée doit forcément aujourd'hui reposer sur deux piliers :

- d'une part, la poursuite des efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'abord atteindre les objectifs du protocole de Kyoto ;
- d'autre part, la mise en œuvre d'une véritable politique d'adaptation pour aider les territoires à affronter dans les meilleures conditions les impacts liés au changement climatique.

Ce premier rapport s'efforce de proposer les grandes lignes d'un cadre général pour la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation à la dérive du climat.

Les rapports annuels ultérieurs de l'ONERC traiteront de la question des impacts secteur par secteur ainsi que région par région. Cette méthode est incontournable pour anticiper et non pas subir des changements annoncés et qui pour bien d'entre eux sont devenus irréversibles.

En matière d'adaptation au réchauffement climatique, si on excepte les mesures qui ont été prises après la catastrophe de la canicule de l'été 2003, **force est de constater que rien n'existe aujourd'hui.**

Nous abordons donc **un domaine nouveau, relevant de la gestion des risques, dont les conséquences, sociales, économiques, sanitaires et environnementales sont colossales** et porteur d'éléments de déstabilisation de l'économie comme de changements profonds sur les modes de vie des Français.

L'attentisme aurait un coût autrement plus onéreux que la mobilisation des moyens nécessaires pour répondre à cet enjeu.

Les événements extrêmes

On ne constate pas aujourd'hui d'évolution notable de l'avis des scientifiques par rapport aux conclusions qu'a tirées le GIEC en 2001 au sujet de modifications possibles de la fréquence ou de l'intensité des événements extrêmes.

Dans ce domaine, il convient de distinguer schématiquement entre les événements de grande échelle, comme les vagues de chaleur, les fortes précipitations ou les sécheresses qui concernent de vastes régions sur une longue durée, et les événements plus localisés et relativement brefs, comme les tempêtes sur l'Atlantique Nord, les cyclones tropicaux, ou encore les orages.

Pour l'avenir, les simulations prévoient en France une aggravation générale des événements extrêmes de grande échelle, mais demeurent plus incertaines en ce qui concerne ceux de petite échelle, dont les propriétés physiques sont encore imparfaitement prises en compte par les modèles. Cependant, aucun modèle à notre connaissance ne prévoit un adoucissement des conditions météorologiques ou climatiques.

Nous ne savons pas encore exactement quels seront les prochains phénomènes météorologiques dont les conséquences frapperont l'opinion. Ce seront peut-être des inondations comme celles qui ont ravagé l'est de l'Europe en 2002, ou une nouvelle canicule, ou davantage d'incendies de forêt, ou des propagations de maladies.

Il faut tout envisager, et s'y préparer. En effet, une des leçons de la canicule de l'été 2003 est que le changement climatique peut frapper là où l'on ne l'attend pas. Seuls quelques spécialistes de la biométéorologie avaient entrevu la possibilité d'une telle hécatombe.

Force est donc de constater qu'à ce jour, en l'absence de mesures d'adaptation, la France n'est pas à l'abri de nouvelles catastrophes.

On notera également que des progrès importants restent à faire dans l'évaluation systématique des dommages associés aux événements extrêmes, autant après leur survenue que dans le cadre de la prévention, en fonction des aléas, des enjeux locaux et de la vulnérabilité.

Les signes du changement

Les observations les plus convaincantes en ce domaine sont sans doute les suivantes.

- Le réchauffement constaté aujourd'hui en France métropolitaine est d'environ 50 % plus important que le réchauffement moyen sur le globe.

La température moyenne annuelle a augmenté de 1°C chez nous, pour 0,6°C sur le globe.

Si cette tendance devait se poursuivre, ceci impliquerait qu'un réchauffement de 2°C du globe se traduirait en France par un réchauffement de 3°C, ou dans le cas le plus pessimiste, un réchauffement global de 6°C par un réchauffement chez nous de 9°C.

De plus, en France, le réchauffement estival sera nettement plus marqué que le réchauffement hivernal. Cela confirme que **des épisodes caniculaires** similaires ou pires que celui de 2003 se représenteront inévitablement, et de plus en plus souvent.

- On observe un recul important de la totalité des glaciers de montagne en France, directement attribuable à l'augmentation de température.
- Les rythmes naturels sont déjà fortement modifiés. Par exemple, il est constaté que les dates de vendanges ont avancé de près de trois semaines en cinquante ans. La croissance des peuplements forestiers a également augmenté de 30 % en un siècle. Nombre de déplacements vers le nord de certaines espèces animales ont également été constatés, y compris dans les océans.

Ce qui est vrai pour la France métropolitaine est naturellement vrai pour l'Europe, et a été souligné par l'Agence européenne pour l'environnement dans son premier rapport sur les impacts du réchauffement climatique paru en 2004.

À la veille des modifications considérables que provoquera le changement climatique, et en raison des incertitudes qui demeurent dans de nombreux domaines, il est nécessaire d'accélérer la mise en place entreprise par l'ONERC du système d'évaluation, de suivi et de prévision des impacts du changement climatique. La définition et la tenue à jour systématique d'indicateurs spécifiques permettront un suivi plus précis ; ceci devra être complété par des recherches et des études sur les points identifiés comme prioritaires, en liaison étroite entre les différents programmes scientifiques existants.

La vulnérabilité au changement climatique

De nombreux dispositifs actuels ou projets en cours, qui ont été conçus pour le climat observé dans le passé, **pourront se révéler mal adaptés au climat futur**.

Il est donc nécessaire de s'assurer, dans tous les domaines de l'activité humaine et de l'environnement, que les meilleures dispositions possibles sont ou seront prises face à cette évolution du climat.

En premier lieu, les travaux sur la vulnérabilité et l'adaptation devront se reposer sur un choix de scénarios climatiques, dont les caractéristiques correspondront au mieux aux besoins pour les études locales sur l'adaptation. De tels scénarios sont disponibles en France, et les scénarios de référence pourront être mis à disposition des usagers sous la responsabilité de l'ONERC.

Une approche qualitative et pratique de la vulnérabilité devra être poursuivie et généralisée, notamment par la production de cartes illustrant les principaux points sensibles sous une forme imagée et synthétique. Il s'agit d'élaborer une cartographie régionale des impacts.

Un examen des procédures de gestion de crise, sous la responsabilité du ministère de l'Intérieur, est également prévu dans le cadre du plan climat 2004, pour tenir compte au mieux des effets du changement climatique.

Une réflexion sur les vulnérabilités sectorielles constituera l'occasion de développer un certain nombre d'indicateurs de vulnérabilité construits de manière simple et transférable à partir des résultats des scénarios climatiques, pour encadrer les vulnérabilités potentielles dans l'attente d'études d'impact plus approfondies. Les secteurs qu'il convient ici d'examiner sont ceux que l'on sait

déjà sensibles aux aléas météorologiques (gestion de l'eau, production d'énergie, habitat, transports, santé, agriculture, biodiversité).

La canicule de l'été 2003 a mis en évidence le fait que **certains systèmes, souvent par ailleurs très sophistiqués, et précisément pour cette raison, sont extrêmement sensibles aux événements extrêmes** dès que certains seuils sont franchis. Ce travail devra être conduit avec les concepteurs et les gestionnaires de ces systèmes, et devra être suivi d'une réflexion sur les mesures d'adaptation à prendre.

Au plan macro-économique, les études disponibles, encore peu nombreuses, sur les impacts agrégés du changement climatique, indiquent qu'au niveau mondial les dommages l'emporteraient globalement sur les avantages dès que l'augmentation de température moyenne en surface dépasserait 2 ou 3°C. Soulignons cependant les limites de ces modélisations économiques, notamment en raison de leur manque de capacité à simuler l'évolution de la société à long terme, et de leur niveau d'agrégation, qui compense quantitativement des dommages observés en un lieu par des avantages ailleurs dans le monde. Il est également admis que les modèles utilisés jusqu'à présent pour ces études sont encore beaucoup trop simplistes pour prétendre fournir une estimation fiable des coûts économiques. Des travaux dans ce domaine méritent d'être encouragés, en France particulièrement. Les moyens adéquats devront être dégagés en ce sens.

Quelles actions à court terme ?

Le changement climatique doit être pris en compte dans les modes de régulation publique. Cette donnée doit être intégrée dans les décisions à tous les niveaux et dans tous les secteurs. Ce domaine par nature transversale concerne l'ensemble des ministères. L'ONERC recommande que se développe en chacun d'eux une expertise et les ressources sur cette question.

Par ailleurs, la mobilisation des acteurs locaux et des collectivités territoriales est essentielle dans la réussite d'une politique d'adaptation et c'est là le défi et l'objectif de l'ONERC que de contribuer à sensibiliser sur cette question et à mettre à disposition de tous les outils nécessaires pour la traiter. On conduira donc, d'abord dans le cadre de projets pilotes, un examen et une hiérarchisation des actions prioritaires, au niveau local.

L'adaptation doit donc être abordée de manière très pratique, à travers des projets de démonstration concrets, même s'ils sont de taille modeste, afin de développer la réflexion, les réflexes et les mécanismes pour sa prise en compte. Une implication des collectivités territoriales est indispensable, car c'est à ce niveau que la vulnérabilité peut être le plus concrètement évaluée, et que se feront sentir les effets du changement climatique. Des partenariats seront recherchés dans ce but avec les principales associations d'élus, comme l'association des régions de France (ARF), l'association des maires de France (AMF), l'association des départements de France (ADF)... Des actions de formation devront également être engagées à l'attention des collectivités territoriales et

des décideurs à tous les niveaux. Cette action sur l'adaptation devra être coordonnée avec l'action sur l'atténuation, pour exploiter les synergies possibles et pour une bonne lisibilité de l'action par les collectivités.

Une panoplie d'outils méthodologiques à l'usage des décideurs à tous les niveaux devra être développée, afin de faciliter les études locales et de partager les expériences ; ces outils comporteront notamment des scénarios climatiques régionaux, mais devraient également prendre en compte le fait que nos sociétés évolueront beaucoup au cours de la durée de vie des actions d'adaptation. **C'est pourquoi l'ONERC incitera l'implication des sciences humaines dans la recherche sur le changement climatique.**

À l'instar de l'École nationale des ponts et chaussées, **la formation et la sensibilisation à ces questions devront être généralisées dans les grandes écoles, les enseignements universitaires et techniques.** Cela supposera le concours du ministère de l'Éducation nationale pour l'élaboration d'une proposition. C'est là un aspect essentiel car les étudiants d'aujourd'hui sont, pour bien d'entre eux, les futurs responsables dans l'ensemble des grands corps de l'État et des grandes entreprises.

Des actions devront également s'adresser au public et aux médias, notamment pour informer sur des mesures de protection simples, qui peuvent être prises généralement sans engager de dépenses ou à un coût minime, et apportent le plus souvent d'autres avantages. Force est de constater qu'en dépit des avancées enregistrées sur ce plan à la suite de la canicule, la culture du risque reste moins ancrée en France métropolitaine qu'outre-mer.

Nombre de pays développés, notamment européens, préparent ou ont déjà adopté une stratégie sur l'adaptation. Il est clair par ailleurs que la multiplication des catastrophes naturelles risque d'être un facteur aggravant des inégalités entre le monde développé et les pays pauvres. Si nous ne voulons pas que s'ajoute une nouvelle fracture entre le Nord et le Sud, il importe d'intégrer cette dimension nouvelle dans les programmes d'aide et de développement à l'égard de ces pays d'Afrique, les Caraïbes et le Pacifique particulièrement vulnérables et exposés. Il est donc souhaitable de renforcer les échanges d'informations et la coopération à l'international, notamment avec les pays européens et les pays en développement. C'est là un aspect important pour les îles de l'outre-mer qui, au même titre que les petits États insulaires, seront concernés par une aggravation de la fréquence et de la violence des cyclones tropicaux ainsi que par l'élévation du niveau de l'océan. L'ONERC constate que la France n'est pas membre de l'AOSIS (Alliance des petits États insulaires). **L'ONERC renouvelle le souhait, à la suite du sommet de Maurice, que la France sollicite un statut d'observateur au sein de cette instance internationale.**

L'ensemble de ces actions devra être pris en compte dans la stratégie nationale d'adaptation que l'ONERC doit définir dans le cadre du plan climat 2004. Dès à présent, au vu de ces conclusions, le président de l'ONERC suggèrera au gouvernement de **réfléchir à la mise en place d'un fonds spécifique pour financer les actions d'adaptation au changement climatique en France.**

Introduction

La canicule de l'été 2003, après les tempêtes de décembre 1999 et les nombreux épisodes d'inondations qui se sont succédés ces dernières années, a sans aucun doute convaincu de nombreux Français de la réalité du réchauffement¹ climatique, et suscité une inquiétude sur ses conséquences encore à venir². Le troisième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2001)³ a montré qu'un certain nombre de phénomènes préoccupants accompagnent le réchauffement climatique observé depuis le début du xx^e siècle, qui est de l'ordre de 0,6°C en moyenne sur le globe et de 1°C en France : par exemple, le recul des glaciers de montagne, l'augmentation des cumuls de précipitations dans certaines régions de l'hémisphère Nord, la fonte de la banquise arctique, une accélération de la croissance des arbres, le blanchissement des coraux... Petit (2001) rappelle que « l'Europe du Sud et l'Europe arctique sont plus vulnérables que le reste. En particulier, en été, le ruissellement, l'eau disponible et l'humidité du sol décroîtront en Europe du Sud, augmentant d'autant sa vulnérabilité actuelle à la sécheresse. En revanche, en hiver, un accroissement de ces mêmes quantités devrait affecter le Nord et le Sud ; le risque de crues catastrophiques des rivières augmentera vraisemblablement. La moitié des glaciers alpins et de larges étendues de pergélisol pourraient avoir disparu à la fin de ce siècle. L'agriculture de l'Europe du Nord pourrait bénéficier du changement climatique, tandis que celles de l'Europe du Sud et de l'Est pourraient en pâtir. Enfin, les lieux de villégiature estivale d'été seront modifiés par l'élévation des températures et le tourisme d'hiver sera gêné par la diminution de l'enneigement ».

Les principaux impacts du réchauffement climatique attendus en France, selon la mission interministérielle de l'effet de serre (MIES, 2000c), étaient les suivants :
– une élévation du niveau des mers qui entraînera un recul significatif du trait de côte (Camargue, lagunes du Languedoc), une extension significative des ter-

1. Nous emploierons ici indifféremment les termes « changement climatique », « réchauffement climatique » ou « dérive climatique », pour désigner l'évolution générale du climat au début de laquelle nous assistons actuellement. Les deux dernières dénominations recouvrent sans doute moins bien l'ensemble du phénomène, mais ont le mérite de porter l'accent sur l'aspect le plus évident de cette évolution, l'augmentation inexorable et générale de la température au niveau du sol. Nous avons choisi d'écarter les termes « changements climatiques », cette forme plurielle étant excessivement subtile à notre avis, et « dérèglement climatique », qui sous-entend que le climat aurait été bien réglé par le passé.

2. En raison de l'aspect aléatoire des événements extrêmes, il ne sera jamais possible scientifiquement d'affirmer qu'un événement donné est dû au changement climatique. Par ailleurs, les données sur les événements très rares sont généralement insuffisantes pour mettre en évidence des modifications possibles de leur fréquence, ou pour détecter une augmentation de la probabilité de dépassement de certains seuils. Néanmoins, nous rappelons au chapitre I que la canicule de 2003 était effectivement un événement sortant très nettement de l'ordinaire ; les inquiétudes largement répandues que cette situation se reproduise en 2004 (ce qui n'a pas été le cas) montrent que cet événement a bien été très largement ressenti comme une marque de l'évolution du climat.

3. Les références bibliographiques relatives à des publications scientifiques se trouvent en annexe 1. Les références relatives aux médias sont portées en notes de bas de page.

rains submergés de façon permanente et un élargissement de la salinisation des nappes d'eau souterraines et des sols ;

- une nette diminution de la durée d'enneigement surtout dans les Alpes du Sud et dans les Pyrénées (moins 30 % à 40 %) ;
- des crues plus fréquentes et plus accentuées en hiver et des étiages plus marqués en été ;
- dans le secteur de l'agriculture, un développement des insectes, des maladies des plantes ou des animaux, des adventices ;
- pour la sylviculture, surtout un accroissement du risque d'incendie ;
- dans le domaine de la santé, une surmortalité en été chez les personnes âgées et les malades chroniques et un accroissement des maladies « à vecteur » (transmises par les moustiques ou les tiques, par exemple)

Il est nécessaire de vérifier, par des observations, si ces impacts commencent effectivement à apparaître, ou si d'autres effets non imaginés auparavant ne se font pas également sentir. Pour savoir si une évolution est attribuable au changement climatique, il convient de s'assurer qu'elle ne relève pas de la variabilité naturelle du climat, qui désigne les fluctuations observées dans un climat stable. Ensuite, dans la plupart des cas, et notamment pour les évolutions des écosystèmes, il est nécessaire de démêler la part due au changement climatique de la part due à d'autres causes éventuelles, en premier lieu desquelles l'intervention directe de l'homme. Dans la plupart des cas, ces causes se superposent et interagissent. Il est enfin nécessaire de déterminer, dans les domaines affectés, les conséquences à prévoir pour les années à venir, en fonction de différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre ¹, qui constituent le mécanisme essentiel par lequel l'homme influe sur le climat. Il est alors possible d'étudier éventuellement des mesures d'adaptation à ces évolutions, pour en limiter les conséquences indésirables ou pour tirer avantage des opportunités possibles.

L'ONERC a été précisément créé pour faire le point régulièrement sur ces questions.

Le cadre du présent rapport

Il s'agit ici du premier rapport présenté par l'ONERC. Il n'était pas possible, en supposant même que cela eût été souhaité, d'y rendre compte de manière tant soit peu exhaustive de l'ensemble des recherches et réflexions conduites en France sur un sujet aussi riche que les effets du réchauffement climatique. La bibliographie figurant en annexe propose une liste d'ouvrages destinés au grand public et de quelques-unes des publications scientifiques récemment parues sur

1. Les gaz à effet de serre empêchent partiellement le rayonnement infrarouge de la Terre de s'échapper vers l'espace. Plus leur concentration dans l'atmosphère augmente, plus la température moyenne du « système Terre » augmente. Le principal gaz à effet de serre émis par l'activité humaine est le dioxyde de carbone. De plus, ce gaz étant absorbé par la végétation, la déforestation accroît encore sa concentration dans l'atmosphère.

le sujet. Nous avons opté ici pour une présentation synthétique, et mettant en avant les aspects qui nous ont semblés les plus significatifs pour l'avenir. Si la présentation y gagne sans doute en clarté, elle risque cependant de passer sous silence certains points qui pourraient s'avérer plus significatifs que prévu ici. L'état actuel des connaissances ne permet pas encore de ranger les impacts du réchauffement climatique par ordre de gravité, et nous demandons donc l'indulgence du lecteur pour toute omission qui pourrait se révéler dans l'avenir. Les recherches menées par un programme national tel que GICC ¹ et les observations collectées par l'ONERC permettront de progresser dans cette connaissance et cette compréhension.

En effet, une des leçons de la canicule de l'été 2003 est que le changement climatique peut frapper là où l'on ne l'attend pas. Seuls quelques spécialistes de la biométéorologie avaient entrevu la possibilité d'une telle hécatombe. Ce point avait été évoqué notamment par Jean-Pierre Besancenot dans le rapport du sénateur Deneux (Deneux, 2002). Les avertissements qu'ils avaient pu émettre n'ont pas été entendus, et il en est résulté les dommages que l'on sait. Cet événement incite donc à la modestie. Sans doute est-il plus naturel de se prémunir contre des situations déjà bien connues, qui risquent simplement de gagner en intensité, en amplitude ou en fréquence, et de provoquer des dommages en proportion de ces augmentations. Dans le cas de la canicule de l'été 2003, les dommages n'étaient pas proportionnés à l'augmentation de température : certains seuils ont été franchis, avec des conséquences hors de proportion.

Ce type d'expérience nous montre qu'il est très difficile de convaincre les décideurs de s'armer contre des situations qui ne se sont jamais produites chez nous. Il entre dans les compétences de l'Observatoire de contribuer à l'information en ce domaine.

Rappel de la mission de l'ONERC

Les conséquences inquiétantes et maintenant de plus en plus certaines du réchauffement climatique justifient un suivi précis de la situation et une information du public à la hauteur des enjeux. La mission fixée à l'Observatoire par la loi du 19 février 2001 ² est d'abord de collecter et diffuser les informations, études et recherches sur les risques liés au réchauffement climatique et aux phénomènes climatiques extrêmes ; il lui est également demandé, dans le cadre du plan climat 2004, de proposer une stratégie d'ensemble sur l'adaptation au

1. « Gestion et impacts du changement climatique », programme de recherche piloté par le ministère de l'Écologie et du Développement durable.

2. Loi n° 2001-153 du 19 février 2001 tendant à conférer à la lutte contre l'effet de serre et à la prévention des risques liés au réchauffement climatique la qualité de priorité nationale et portant création d'un Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique en France métropolitaine et dans les départements et territoires d'outre-mer (JO du 20 février 2001).

changement climatique, qui pourra déboucher ultérieurement sur un programme de mise en œuvre.

La mission de l'ONERC, telle qu'elle a été fixée par la loi, est comprise avant tout comme une mission d'information des décideurs sur les effets du réchauffement climatique. Il ne s'agit donc ni d'un organisme de recherche, ni d'un organisme chargé d'effectuer lui-même des mesures ou des observations de paramètres physiques. L'ONERC fonctionne en réseau en liaison avec les organismes où se trouvent les compétences scientifiques. Les moyens d'élaborer les informations à rassembler par l'Observatoire existent, en effet, le plus souvent déjà, chez de grands organismes opérationnels ou de recherche comme Météo France, le CNRS, l'IRD, l'Inra... ou dans le cadre de programmes de recherches, comme le programme GICC (gestion et impacts des changements climatiques) du ministère de l'Écologie et du Développement durable (MEDD) ; il s'agit donc avant tout de développer et d'entretenir un réseau de concentration et de diffusion des informations couvrant la métropole et l'outre-mer. Toutefois, les informations disponibles se situent souvent en amont, c'est-à-dire qu'elles n'explorent pas en général les effets du réchauffement climatique sur l'homme. On obtiendra par exemple sans difficultés des relevés de la force des vents, mais les préjudices subis par les personnes, les sociétés d'assurances, l'économie, comme le nombre de toitures arrachées ou d'arbres déracinés devront être cherchés auprès de différents organismes, ou ne seront pas disponibles. La connaissance des effets directs et induits du réchauffement climatique et des phénomènes extrêmes sur les modes de vie, et *a fortiori* les conséquences pour l'aménagement des régions, constituent par conséquent un vaste champ à explorer. La première tâche de l'ONERC est donc de recenser les activités existant dans les différents organismes opérationnels et de recherche, et d'examiner comment ces activités pourraient évoluer pour mieux répondre aux besoins relatifs à la connaissance des effets du réchauffement climatique. L'Observatoire peut également assurer un rôle de stimulation de ces activités. L'ONERC doit s'appuyer sur des programmes de recherche solides, disposant de moyens de mesure adéquats, pour étayer l'interprétation de ses observations.

Dans le cadre de sa mission d'information, l'ONERC doit contribuer à développer la connaissance des effets du réchauffement climatique et des phénomènes extrêmes sur les modes de vie des Français et les conséquences pour l'aménagement des régions. Pour atteindre ce but, une relation suivie avec des organismes régionaux, en métropole et en outre-mer, est indispensable. L'Observatoire doit entretenir des liens étroits aussi bien avec les départements et territoires d'outre-mer qu'avec la métropole, et favoriser le développement d'observatoires dans l'océan Indien, les Caraïbes et le Pacifique : ceci non seulement à des fins de connaissance locale, mais aussi pour augmenter notre contribution à une approche globale en utilisant des implantations françaises existantes compétentes dans ce domaine. Le développement de postes avancés d'observation dans ces régions est susceptible de constituer une contribution importante à la surveillance de la planète et au rayonnement de la recherche française dans ce domaine.

La loi du 19 février 2001 prévoit que l'ONERC puisse formuler des recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation susceptibles de limiter les risques liés au changement climatique. Le plan climat 2004, présenté par le gouvernement le 22 juillet 2004, va plus loin et demande à l'ONERC de proposer une stratégie d'ensemble sur l'adaptation au changement climatique et d'entreprendre des actions concrètes dans ce domaine. Le *Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales*, réalisé par l'ONERC en 2004, constitue une première action dans ce sens. Ce guide, disponible sur le site internet de l'ONERC, a pour objectif de sensibiliser les collectivités locales à la nécessité d'élaborer une politique de prévention et d'adaptation aux conséquences du changement climatique. Il a fait l'objet d'une large diffusion auprès des élus et des décideurs.

La loi du 19 février 2001 précise que l'ONERC doit rester en liaison avec le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Celui-ci comprend trois groupes de travail, qui s'intéressent respectivement aux aspects suivants :

- groupe I : les éléments scientifiques du changement climatique ;
- groupe II : les conséquences du changement climatique, l'adaptation et la vulnérabilité ;
- groupe III : les mesures d'atténuation du changement climatique.

Les activités du GIEC correspondant à celles de l'Observatoire se situent principalement dans le cadre du groupe de travail II, qui s'adresse aux impacts, à l'adaptation et à la vulnérabilité. La question de l'atténuation ne relève pas des attributions de l'ONERC, et ne sera par conséquent pas abordée ici, autrement qu'à travers ses interactions avec l'adaptation, notamment dans le cadre du développement durable. L'encadré n° 1 précise les notions d'adaptation et d'atténuation.

L'ONERC a également une présence à assurer dans le cadre des négociations internationales relatives à la conférence des Parties à la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dite « convention climat ». Les thèmes du débat international qui relèvent de la compétence de l'Observatoire sont notamment la recherche et l'observation systématique sur les impacts et l'adaptation. La CCNUCC encourage fortement le développement du système mondial d'observation du climat (SMOC ; en anglais GCOS), qui est un programme conjoint de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et de la Commission océanographique internationale (COI) visant à développer l'observation opérationnelle. On sait que l'adaptation fait l'objet d'une très forte demande de la part des pays en développement. Les difficultés qu'ils rencontrent dans la recherche d'un développement durable ne peuvent en effet qu'être aggravés par les conséquences d'un changement climatique auquel ils sont particulièrement vulnérables. Ce sujet est également lié à ceux de l'aide au développement et des transferts de technologies. Enfin, dans le cadre plus global des négociations internationales en cours, la question de l'adaptation ne peut être dissociée de celle de l'atténuation, c'est-à-dire essentiellement de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, en vue de la définition des engagements qui seront à prendre pour l'avenir.

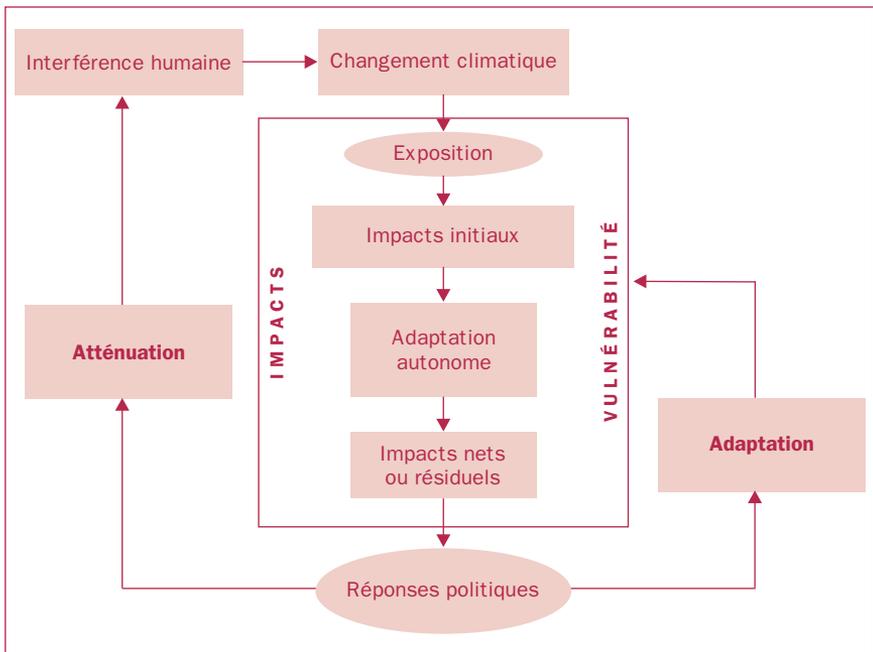
Encadré n° 1. Adaptation et atténuation

Une politique de lutte contre le changement climatique se décline selon deux axes : l'adaptation et l'atténuation.

Le terme d'adaptation désigne la réaction des systèmes naturels ou anthropiques aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, en vue d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages.

Le terme d'atténuation désigne l'intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre.

Le schéma qui suit, issu du rapport du GIEC (IPCC, 2001d) résume le sens de ces deux termes.



Pour ces raisons et de par sa présence dans les DOM/TOM, l'ONERC est appelé à contribuer très activement au dialogue avec les pays en développement. Il pourra constituer un exemple pour les pays en développement susceptibles d'être affectés par les changements climatiques d'une manière comparable aux DOM/TOM, ou à la métropole : AOSIS (*Association of Small Island States*), pourtour méditerranéen, océan Indien, Caraïbes, Guyane, îles du Pacifique... Plus généralement, il peut contribuer, dans le domaine des impacts et de l'adaptation, aux bonnes relations avec les pays en développement.

Outre l'extension géographique de son domaine d'action et la diversité des champs d'expertise abordés, qui appellent un réseau étendu de coopération, l'Observatoire est conçu de manière à fonctionner dans la continuité sur le très long terme. Les experts ont en effet montré que les effets du réchauffement climatique, déjà perceptibles, vont s'aggraver tout au long de ce siècle et au-delà. La durée du besoin à couvrir et les impératifs de continuité et de régularité justifient l'inclusion de l'Observatoire au sein d'une administration. C'est pourquoi l'Observatoire est rattaché à la délégation interministérielle au développement durable, tout comme la mission interministérielle de l'effet de serre. Ce rattachement doit également permettre de renforcer l'incitation des activités de collecte de données et de recherches par les organismes et collectivités, ainsi que la présence de l'Observatoire dans les négociations internationales.

Encadré n° 2. Le GIEC

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, ou, en anglais, IPCC) est maintenant bien connu du public. C'est à l'invitation de la France qu'il a tenu sa 20^e assemblée plénière à Paris du 19 au 21 février 2003, au palais de l'UNESCO. Le discours prononcé à cette occasion par le Premier ministre a provoqué une forte impression sur l'auditoire, notamment par la conscience exprimée du danger du réchauffement climatique et en raison de la ferme volonté affichée de soutenir les activités du GIEC et de réduire les émissions nationales de gaz à effet de serre.

L'ONERC a été, depuis sa création, en liaison avec le GIEC, comme le demande la loi du 19 février 2001, puisque la représentation française aux réunions plénières était assurée par le directeur de l'ONERC, point focal du GIEC pour la France, aux côtés du membre français du bureau du GIEC (successivement Michel Petit et Jean Jouzel).

Le GIEC a été créé en 1988 dans le cadre des Nations unies, sous la tutelle de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Il poursuit les objectifs suivants :

- évaluer toutes les informations disponibles sur les aspects scientifiques du changement climatique, ses impacts sur la nature et la société, les mesures d'adaptation à ce changement, et les moyens de le contenir, en limitant le contenu de l'atmosphère en gaz à effet de serre ;
- évaluer, et si nécessaire développer, des méthodologies. C'est le GIEC qui a rédigé les lignes directrices pour l'établissement des inventaires nationaux d'émissions et d'absorption de gaz à effet de

serre, qui fixent les méthodes à suivre pour établir les inventaires transmis à la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dite « convention climat ». Ces lignes directrices ont été complétées récemment par des recommandations de bonnes pratiques, et des méthodes d'inventaire spécifiques relatives à l'UTCF (utilisation des terres, ses changements et la forêt). Il faut également signaler que le GIEC a établi des lignes directrices pour l'évaluation des impacts du changement climatique ;

– apporter, sur demande, une expertise dans les domaines scientifique, technique et socio-économique à la conférence des Parties (CdP) à la convention climat. Un groupe de travail commun (Joint Working Group) a été constitué entre les bureaux du GIEC et de l'organe subsidiaire de la CCNUCC chargé des questions scientifiques et techniques (SBSTA), afin d'échanger des informations et de coordonner les activités. Il existe également un groupe de liaison (Joint Liaison Group) entre le GIEC, la convention climat et la convention sur la biodiversité.

Les rapports du GIEC sont établis par des groupes de scientifiques, sous la conduite des Coordinating Lead Authors (CLA), où figurent uniquement des scientifiques reconnus et représentatifs de différentes approches. Au cours de leur élaboration, les rapports subissent plusieurs examens critiques successifs, d'abord par les experts puis par les représentants des gouvernements. Ils sont ensuite adoptés par consensus par les représentants des gouvernements, réunis en session plénière. Les résumés pour décideurs (Summary for Policymakers, ou SPM) de ces rapports sont approuvés mot à mot par la session plénière, en prenant en considération les remarques des représentants des gouvernements, quand celles-ci sont recevables par les scientifiques qui ont préparé le corps du rapport correspondant. Grâce à ce processus, rigoureux, transparent et ouvert, les conclusions du GIEC n'ont jamais été sérieusement contestées dans le cadre des discussions de la CCNUCC et constituent le fondement scientifique universellement accepté pour les négociations relatives au climat. On peut certes regretter que l'influence de scientifiques de langue anglaise y soit prépondérante, mais cet état de choses reflète la démographie scientifique et la volonté de la plupart des gouvernements anglophones de contribuer activement aux travaux du GIEC.

Le GIEC apporte un soin extrême à prendre en considération les avis exprimés par tous les pays, et accorde une grande importance à la représentation géographique. Il s'interdit de formuler des recommandations relevant de choix politiques. Ceci ne l'empêche

pas d'analyser éventuellement les conséquences de diverses options politiques possibles.

S'il s'efforce de répondre aux questions qui lui sont soumises par la CCNUCC, le GIEC peut, de sa propre initiative, sur décision (toujours consensuelle) de son assemblée générale, entreprendre la rédaction de rapports sur des sujets de son choix. Il dispose donc d'une grande liberté de manœuvre par rapport au processus de négociation politique, qui se déroule dans le cadre de la CCNUCC.

Le GIEC a assuré depuis le début un rôle précurseur sur les questions relatives au climat, permettant d'étudier des sujets qui ont ensuite fait l'objet d'accords politiques dans le cadre de la CCNUCC. Ce rôle doit être maintenu dans l'avenir, si l'on souhaite que les questions relatives au climat soient traitées avec toute l'efficacité qu'elles méritent. Les Parties à la convention climat auront notamment à se pencher sur leurs engagements au-delà de la période actuellement visée par le protocole de Kyoto, qui s'arrête en 2012, et devront à nouveau s'appuyer sur le GIEC pour établir les consensus scientifiques à la base de ces négociations. Il est donc nécessaire pour cela que les pays qui veulent voir avancer ces questions soient très présents au GIEC, comme dans les recherches qui alimentent ses travaux.

Organisation de l'ONERC et relations avec les autres institutions

L'Observatoire s'insère dans un dispositif de recherche et d'observation déjà très développé en France. À côté ou au sein des nombreux grands organismes qui effectuent des observations de paramètres pouvant être associés au changement climatique, il existe un réseau d'observatoires de recherche en environnement (ORE) du ministère de la Recherche, et un réseau d'observatoires opérationnels de l'environnement (OOE) du ministère de l'Écologie et du Développement durable (Balland *et al.*, 2002). L'action de l'ONERC est conçue de manière à l'insérer dans cet ensemble, afin qu'il puisse remplir au mieux sa mission. Créer un réseau de correspondants clairement articulé est donc à la fois une nécessité et une priorité.

L'Observatoire est avant tout chargé d'une mission de communication (collecte et diffusion d'information), et a également la possibilité de formuler des recommandations sur les mesures de prévention et d'adaptation. On n'envisage pas d'activités de collecte de données physiques ou de recherche. En revanche, l'Observatoire est appelé à faire effectuer des études ciblées, en particulier en liaison avec le programme GICC. Il revient également à l'Observatoire de propo-

ser des améliorations possibles aux systèmes d'observation, pour contribuer à une meilleure connaissance du climat et de ses effets.

Pour couvrir les principaux domaines où s'observeront les impacts du réchauffement climatique, l'ONERC doit faire appel à un très vaste champ d'expertise. En raison de l'étendue du sujet, l'Observatoire ne peut pas rassembler en son sein toutes les compétences requises, ce qui en outre créerait des duplications inutiles. Des moyens suffisants sont néanmoins indispensables pour assurer le lien avec la communauté scientifique, et, notamment, pour consolider la présence française au sein du groupe II du GIEC, qui traite des impacts et de l'adaptation. Au-delà, de nombreuses tâches doivent être sous-traitées, ce qui demande des moyens et des crédits d'intervention suffisants.

L'organisation et le rattachement de l'ONERC sont fixés par le décret du 8 mars 2002 ¹. L'Observatoire est doté d'un conseil d'orientation, chargé d'arrêter, par ses délibérations, les grandes orientations de son action, et d'approuver le rapport d'information élaboré chaque année à l'attention du Premier ministre et du Parlement. Le conseil comprend, outre son président, vingt-six membres. Les membres du conseil d'orientation sont issus du Parlement, des collectivités locales, du monde scientifique et de l'administration. L'effectif de l'Observatoire prévu à terme est composé d'un directeur et de deux ingénieurs, ainsi que d'un agent pour le secrétariat et la documentation, assurant aussi un rôle dans l'organisation de la communication et dans la présence sur internet.

Le conseil d'orientation a également décidé que l'Observatoire s'appuierait sur un conseil scientifique, qui apportera une garantie à la validité scientifique des produits de l'Observatoire. Le conseil scientifique examinera notamment le rapport au Premier ministre et au Parlement, avant sa validation par le conseil d'orientation, ainsi que la définition et les méthodes d'établissement des indicateurs à suivre par l'Observatoire.

Le budget de l'ONERC est identifié à l'intérieur du budget du ministère de l'Écologie et du Développement durable. Il permet notamment de financer des accords avec les collectivités et les organismes opérationnels ayant des activités intéressant son domaine de compétence, afin d'assurer l'accès aux informations et la diffusion de celles-ci, et de faire réaliser des études ainsi que les prestations techniques nécessaires au fonctionnement du réseau et à la communication de l'Observatoire.

Le site internet de l'ONERC ², ouvert en 2004, constitue le premier pas vers une plus grande diffusion et communication de l'information disponible. La page d'accueil du site est présentée en annexe 7.

1. Décret n° 2002-328 du 8 mars 2002 portant création de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique en France métropolitaine et dans les départements et territoires d'outre-mer.

2. « www.onerc.gouv.fr ».

CHAPITRE I

Les événements extrêmes

Les années récentes ont vu progresser la sensibilisation des Français sur la réalité du changement climatique, à la suite des événements météorologiques inhabituels qui se sont produits : après les tempêtes exceptionnelles de décembre 1999, plusieurs épisodes d'inondations, en France et en Europe, et surtout le drame de la canicule de 2003. Cette évolution de la perception du changement climatique par les Français est régulièrement suivie par l'Ademe, comme le montre l'encadré qui suit.

Encadré n° 3. La perception du réchauffement climatique par les Français

L'Ademe réalise chaque année une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population française afin d'évaluer la perception sociale de l'effet de serre. Les principales observations concernant les impacts sont les suivantes :

- les Français sont de plus en plus convaincus que le réchauffement de l'atmosphère dû à l'augmentation de l'effet de serre est une certitude pour les scientifiques (66 % en 2002, 60 % en 2001) ;
- « l'instabilité des climats », 81 %, « les tempêtes », 70 % et les vagues de chaleur, 70 % sont les risques les plus redoutés des Français. « Le risque d'inondations » est craint par 55 % des personnes interrogées.

Selon la chaîne de radio France Info ¹, le climat deviendrait la première préoccupation environnementale des Français. Se référant à un sondage Sofres réalisé pour la Lyonnaise des eaux et rendu public le 29 novembre 2004, France Info annonce qu'« en quatre ans, le climat est passé de la 4^e à la première place sur l'échelle des inquiétudes. 31 % des Français estiment que c'est le défi écologique le plus important ».

Éléments sur la fréquence et l'intensité attendues des événements extrêmes

Le changement climatique sera sans doute perçu avant tout à travers les effets des événements extrêmes. En effet, même dans les hypothèses les plus pessimistes, les évolutions de fond devraient rester lentes, de 1 à 6 dixièmes de degrés par décennie pour la température moyenne annuelle par exemple. En revanche, certains événements extrêmes devraient se manifester de plus en

1. France Info, chronique « L'info environnement », du 29 novembre 2004, par Nathalie Fontrel.

plus fréquemment, et avec plus de force ; c'est donc de plus en plus souvent que le public s'interrogera sur les mesures de prévention et d'adaptation mises en œuvre par les responsables politiques.

Les travaux scientifiques sur le lien entre changement climatique et événements extrêmes constituent un axe prioritaire pour les programmes de recherche internationaux, notamment le projet CLIVAR de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), comme pour les programmes nationaux de l'INSU (Institut national des sciences de l'univers), le programme GICC (gestion et impacts du changement climatique) du MEDD, et les travaux de recherche de Météo France. La canicule qui a accablé la France en 2003 constitue un exemple d'**événement climatique extrême**, caractérisé par une longue durée et une grande extension. Le GIEC (IPCC, 2001d) juge « très probable » (probabilité située entre 90 et 99 %) dans l'avenir l'« augmentation des températures maximales, du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur pour la quasi-totalité des zones terrestres ».

Les canicules de ce type sont classées par le GIEC comme **événement climatique extrême**. Le GIEC (IPCC 2001a) fait une différence avec les **événements météorologiques extrêmes**, de courte durée et généralement plus localisés ¹.

Les figures 1a et 1b présentent quelques éléments relatifs à la vague de chaleur de l'été 2003 et à l'évolution que l'on peut attendre pour ce type de phénomène dans le futur, selon l'institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), d'une part, et Météo-France, d'autre part. Il ne s'agit pas de prévisions, mais de deux exemples possibles des conditions météorologiques futures, reposant sur un même scénario de concentrations en gaz à effet de serre et aérosols produit par le GIEC, dit scénario A2. La famille des scénarios A2 décrit un monde économiquement et socialement très hétérogène. Le thème sous-jacent est l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité convergent très lentement entre les régions du globe, avec pour résultat un accroissement continu de la population. Le développement économique a une orientation principalement régionale, et la croissance économique par habitant comme l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans d'autres canevas. Le résultat est une concentration en gaz carbonique de 850 ppm environ en 2100, pour 280 ppm au milieu du XIX^e siècle, ce qui situe le scénario A2 dans la classe haute des scénarios du GIEC, sans qu'il constitue pour autant un cas extrême. Les modèles climatiques projettent en moyenne, pour le scénario A2, une augmentation d'environ + 3°C de la température globale moyenne annuelle à la surface de la planète à échéance 2100. D'après

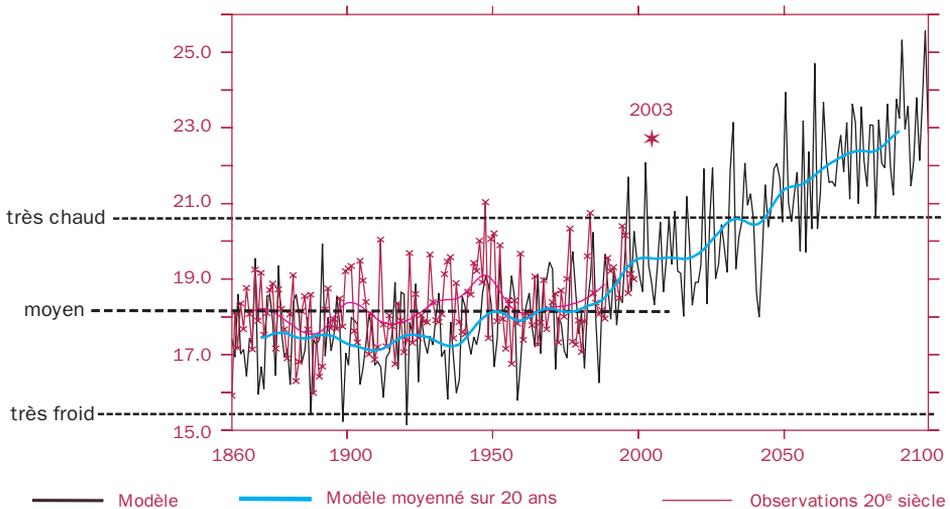
1. Pour le GIEC, un **événement météorologique extrême** est un événement rare selon les statistiques relatives à sa fréquence en un lieu donné. Si les définitions du mot « rare » varient considérablement, un phénomène météorologique extrême devrait normalement être aussi rare, sinon plus, que les 10^e ou 90^e percentiles. Par définition, les caractéristiques de ce qu'on appelle conditions météorologiques extrêmes varient d'un endroit à l'autre. Un **événement climatique extrême** correspond à la moyenne d'un certain nombre d'événements météorologiques se produisant sur une certaine période de temps, cette moyenne étant elle-même extrême (par exemple, les précipitations enregistrées au cours d'une saison).

Météo-France, sur la France métropolitaine, l'augmentation de la température moyenne serait pour ce scénario A2 de 2 à 4°C en hiver et de 4 à 7°C en été : le réchauffement estival serait ainsi nettement plus marqué que le réchauffement hivernal.

Ces figures illustrent bien comment la canicule observée en 2003, représentée par l'étoile rouge sur la figure 1a et par la croix bleue la plus à droite sur la figure 1b, n'avait pratiquement aucune chance de se produire dans le cadre des conditions climatiques du XIX^e siècle, et qu'elle correspondra à des étés normaux à la fin de notre XXI^e siècle.

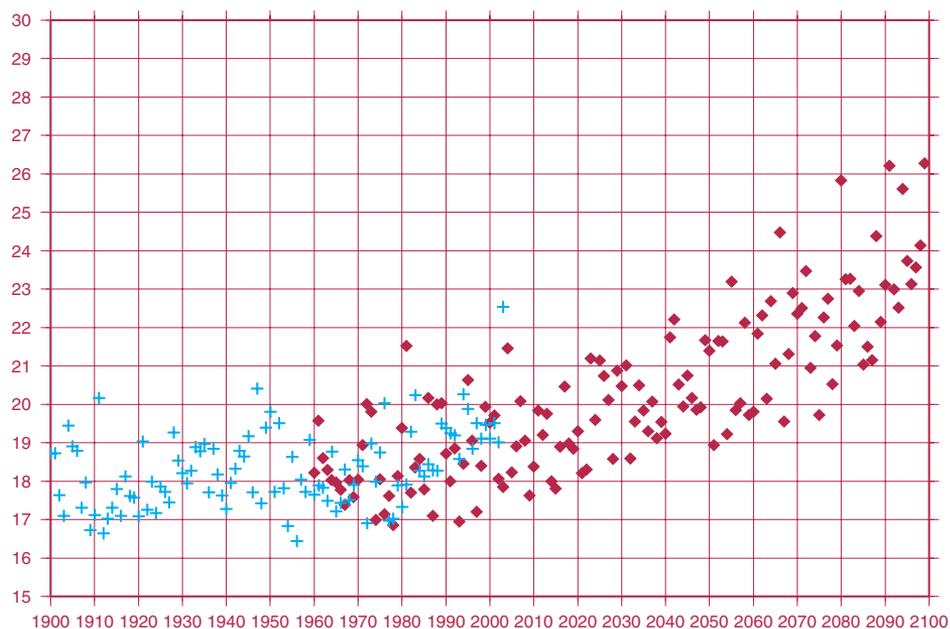
Le rapport du GIEC (IPCC, 2001a), ainsi que de nombreuses publications récentes présentent comme vraisemblable la multiplication et l'aggravation de phénomènes climatiques extrêmes du type vagues de chaleur ou inondations de grande échelle (voir, par exemple, Beniston, 2004, Christensen et Christensen, 2003, ou Schär *et al*, 2004). En revanche, il est plus difficile de se prononcer pour ce qui concerne les événements extrêmes de plus petite échelle, dits **événements météorologiques extrêmes**.

Figure 1a. Évolution de la température moyenne en été en France, de 1860 à 2100



Source : IPSL.

Cette figure présente une simulation de la température moyenne en été (mois de juin, juillet, août) sur la France de 1860 à 2100, calculée par le modèle climatique couplé de l'institut Pierre-Simon Laplace, pour le scénario A2 du GIEC. Sont également portées, en rouge, les observations sur la période de 1860 à 2000, ce qui montre clairement la capacité du modèle à reproduire la variabilité observée des températures d'été dans le passé. On remarquera que la température moyenne durant l'été 2003 était supérieure d'environ 4,5° à la moyenne des étés du xx^e siècle.

Figure 1b. Évolution de la température moyenne en été en France, de 1900 à 2100

Cette figure présente (losanges rouges) une simulation de la température moyenne en été (mois de juin, juillet, août) sur la France de 1960 à 2100, calculée par le modèle climatique couplé Arpège de Météo France, pour le scénario A2 du GIEC comme dans la figure précédente. Les croix bleues correspondent aux observations sur les années passées.

Source : Météo France.

Les événements météorologiques extrêmes

En ce qui concerne des événements extrêmes de courte durée et de forte intensité, dits **événements météorologiques extrêmes**, comme les tempêtes de décembre 1999, mais aussi les orages sévères, les cyclones tropicaux, souvent accompagnés d'inondations et de dommages importants, les pronostics des scientifiques quant à leur lien possible avec les changements climatiques sont encore incertains. Après les tempêtes de 1999, dans une note au ministère chargé de l'Environnement, quatre scientifiques de premier plan, MM. André, Cariolle, Mégie et Minster ¹, concluaient : « Il n'est pas démontré que les événements météorologiques récents soient le signe d'un changement climatique, mais quand le changement climatique sera pleinement perceptible, il est très vraisemblable qu'il puisse s'accompagner d'une augmentation des événements

1. André J.-C., D. Cariolle, G. Mégie et J.-F. Minster, 2000, « Événements extrêmes, changements climatiques et effet de serre », note à la ministre chargée de l'Environnement, disponible auprès de l'ONERC.

extrêmes. » D'après les résultats actuels des recherches, cet avis peut certainement s'appliquer aux événements de fortes chaleurs. Par contre, d'autres analyses comme celle de Planton et Bessemoulin (2000) montrent que l'évolution future de la fréquence et de l'intensité des tempêtes sur l'Atlantique Nord et l'Europe reste incertaine. Les conclusions, et surtout le degré de confiance qu'on peut leur porter, diffèrent donc selon le type d'événement météorologique considéré.

L'ONERC a organisé, les 23 et 24 juin 2003, un colloque rassemblant sur ce sujet des élus et des décideurs (encadré n° 4). Si l'état des connaissances scientifiques a encore peu évolué sur les aspects déterministes de cette question, en raison de la difficulté du sujet, il en ressort la nécessité de préparer d'ores et déjà la société à une survenue plus fréquente de tels événements, ainsi qu'à des intensités plus importantes, mais aussi à leur apparition dans des régions jusqu'ici épargnées. Un partage d'expériences entre régions françaises et avec l'étranger serait utile dans ce domaine.

Encadré n° 4. Le colloque de l'ONERC sur les événements météorologiques extrêmes

L'ONERC a organisé en 2003 un colloque consacré aux conséquences du réchauffement climatique sur les risques liés aux événements météorologiques extrêmes.

L'état des connaissances

Les travaux exposés lors de ce colloque ont constitué une première réflexion en vue d'établir un dialogue entre scientifiques et décideurs, en France, sur les évolutions possibles des événements météorologiques extrêmes avec le réchauffement climatique, et sur les conséquences à en tirer au plan de l'action. L'aggravation des événements extrêmes de grande étendue et de longue durée avec le réchauffement climatique paraît maintenant assez bien établie ; les inondations de l'Elbe en 2002 et le drame de la canicule de l'été 2003 ont achevé d'en convaincre l'opinion publique. En revanche, pour ce qui concerne les tempêtes, les cyclones, les orages violents, phénomènes moins étendus, plus transitoires mais parfois très violents, les avis des scientifiques sont moins affirmatifs quant à leur aggravation possible avec le réchauffement climatique. Dans ce cas, nous sommes donc encore réellement dans un contexte d'incertitude. Néanmoins, les études conduites jusqu'à présent soulignent la probabilité d'une aggravation de ces phénomènes. Quelle attitude adopter dans l'action, en l'attente d'informations complémentaires provenant des recherches scien-

tifiques, sachant maintenant que ces événements météorologiques extrêmes ont au moins autant de chances de se développer que de se réduire ? Ce risque important d'aggravation incite tout au moins à passer en revue les mesures de protection existant actuellement, leur adaptation au climat actuel, et les conditions possibles de leur renforcement.

Les experts scientifiques ont présenté des méthodes qui permettront sans doute, à terme, de mieux mettre en évidence les changements possibles de fréquence et d'intensité des événements extrêmes, peut-être par exemple en fonction des changements des régimes de circulation de l'atmosphère à grande échelle. Des recherches intenses sont en cours sur ce point dans le cadre du programme IMFREX du GICC, PRUDENCE, ENSEMBLES et E2C2 de la Commission européenne. Concernant les impacts sur la société, la plupart des secteurs d'activité ont déjà une vaste expérience de l'adaptation à la variabilité climatique, qui désigne les fluctuations considérées comme normales, dans un climat stable, des paramètres météorologiques. L'agriculture, la production d'énergie, les transports (marine, aviation, route), le bâtiment ont une longue habitude de ces variations, souvent immémoriale, intégrée dans le savoir-faire traditionnel, dans les techniques et les modes de gestion. Mais avec le dérèglement climatique, les données du problème évoluent fortement, car la variabilité climatique elle-même est susceptible de changer. Il devient donc nécessaire de réexaminer un certain nombre d'éléments considérés jusqu'ici comme acquis, et d'en tirer les conséquences au plan de l'action.

Un point important, qui a été signalé, est que, même si le climat qui règnera sur la France ne sera peut-être pas, dans l'absolu, pire que le climat actuel, il sera cependant différent. Il faudra donc en tout état de cause faire face à une transition. Or l'expérience montre que les transitions entraînent des coûts, et ceci d'autant plus qu'elles mettent en jeu des secteurs à grande inertie (logement, urbanisme, infrastructures...) et qu'elles se font souvent à travers une succession de crises, plutôt que de manière douce et continue.

L'information et le rôle des médias

La sensibilisation des élus se fait largement à travers les médias, soit directement, soit par l'intermédiaire des réactions de l'opinion publique aux informations véhiculées par les médias.

Cette sensibilisation se produit fréquemment lors des situations de crise, alors qu'il est souvent déjà trop tard. Hors des situations

de crise, les éléments fournis par les scientifiques et les techniciens sont souvent trop imprécis pour emporter des décisions.

Il faut donc un travail d'information suffisant en temps normal, produisant des informations à échelle suffisamment fine (à échelle humaine en quelque sorte), et des éléments sur le degré de probabilité d'augmentation des risques. Ce travail d'information pourrait sans doute se faire à travers des conférences et débats au niveau local.

Il est essentiel de s'assurer que les messages des scientifiques soient clairs, contiennent des éléments pragmatiques et concrets, et soient bien compris. Certains intervenants ont souligné que les médias ont eux-mêmes parfois une tendance à amplifier les conclusions des scientifiques. La mise en place par l'administration centrale d'un système d'information vers les décideurs locaux pourrait répondre à une attente de ces derniers en matière d'éléments et de conseils utilisables localement.

Les actions possibles face aux effets du changement climatique

Si l'on accepte l'éventualité de pertes, une première attitude possible consiste à les partager en souscrivant une police d'assurance contre les dommages. Ceci permet d'effectuer un lissage dans l'espace et dans le temps, en répartissant les coûts. Toutefois l'assurance et la réassurance pourraient atteindre leurs limites, par exemple si les sociétés d'assurance n'y trouvaient plus leur compte, ou si les événements devenaient trop imprévisibles pour se prêter à des calculs actuariels. Dans de telles situations, l'exemple d'autres régions pourra être utile, comme le montre l'exemple du Florida Hurricane Catastrophe Fund. L'appel à la solidarité nationale ou internationale serait alors à envisager. Il faut également s'attendre à une augmentation massive des demandes d'aides de la part des pays en développement.

Des actions de durcissement ou d'évitement peuvent également être envisagées. On peut ainsi par exemple renforcer la résistance des bâtiments au vent et aux fortes chaleurs, renforcer leurs fondations pour limiter les effets des sécheresses, etc. Ceci peut faire l'objet de réglementations ou simplement de bonnes pratiques. Dans certains cas, l'évitement peut être l'attitude la plus sage, par exemple en évitant de construire en zone inondable ; ainsi, le rôle des plans de prévention des risques d'inondations (PPRI) a été longuement évoqué.

Certains ont fait remarquer qu'en France, si l'indemnisation est généralement bien organisée, la prévention est souvent négligée. L'intérêt de la carte de vigilance diffusée régulièrement par Météo France a été souligné. On pourra noter cependant que cette initiative est très récente, et que beaucoup reste encore à faire dans le domaine de la prévention.

La question de l'acceptabilité des mesures et de leurs coûts, notamment à travers les taxes qui restent impopulaires, a été discutée. Accepter de payer une taxe pour les générations futures demandera sans doute une évolution des mentalités, et, chez tous, une vision dépassant le court terme. Toutefois, il a été signalé que l'adaptation pourra souvent correspondre à des actions dites « sans regrets », d'une utilité manifeste même en dehors du changement climatique. On peut à ce propos citer le cas de l'isolation des bâtiments, qui les rend plus robustes aux fortes chaleurs, et qui permet de substantielles économies d'énergie. Des mesures dans ce sens sont déjà prises par l'Australie (Minimum Energy Performance Standards qui imposent des normes aux nouveaux bâtiments) ou par la Suisse, qui interdit l'installation de la climatisation dans des bâtiments qui ne répondent pas à certaines normes d'isolation (Waide, 2003).

La nécessité de construire une éthique des comportements a été mise en avant, peut-être à travers des évolutions semblables à ce qui s'est produit pour la sécurité routière. On a en effet assisté dans ce domaine à un véritable basculement de l'opinion publique, à la suite de l'intervention du président de la République, qui, suivie de mesures de contrôle énergiques, a conduit à une réduction très importante des accidents de la route.

De nouveaux outils restent à inventer, en s'appuyant sur ceux qui existent déjà, comme les Agendas 21. La nécessité de prendre en compte l'adaptation dans les processus de planification, afin qu'elle soit intégrée au niveau de tous les centres de décision a été fortement mise en avant. L'exemple britannique de l'UK Climate Impacts Programme, qui a fait l'objet d'une présentation, a sans doute beaucoup contribué à clarifier la discussion sur ce point.

Les actions aux niveaux local et régional

De manière générale, les collectivités locales et régionales connaissent bien les aléas qui les concernent actuellement et savent en déduire les risques auxquels elles sont soumises. C'est le cas tout au moins pour les événements qu'elles ont pu subir au

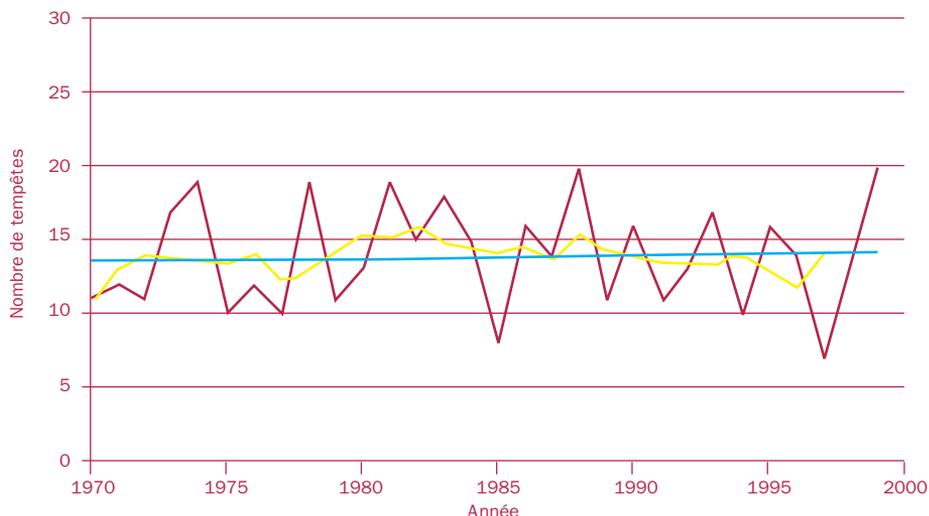
cours des dernières générations. Elles sont également les mieux à même pour évaluer leurs principales vulnérabilités.

La question du lien entre adaptation et atténuation (au sens de la réduction des émissions de gaz à effet de serre) a été longuement débattue. Certains estiment qu'à trop mettre en avant les mesures d'adaptation, il existe un risque de négliger les mesures d'atténuation. Cependant, comment une société consciente de la nécessité de s'adapter au changement climatique pourrait-elle délibérément, sur le long terme, choisir de laisser celui-ci s'aggraver ? Il apparaît clairement qu'aucune mesure d'adaptation ne compensera l'absence de réduction d'émissions de GES, qui doivent être conduites dans tous les secteurs : transports, habitat, industrie, agriculture... Comme l'adaptation, l'atténuation doit aussi passer par une régionalisation et une territorialisation des responsabilités. L'accord sur ce point a été général ; en effet, les transports et l'habitat relèvent principalement de décisions locales et régionales.

On ne constate pas aujourd'hui d'évolution substantielle de l'avis des scientifiques par rapport aux conclusions qu'a tirées le GIEC au sujet d'évolutions possibles de la fréquence ou de l'intensité des événements météorologiques extrêmes. Plusieurs programmes de recherches sont en cours sur ces sujets, notamment dans le cadre du 6^e programme cadre européen de recherche et de développement, et, en France, dans le cadre du programme GICC (annexe 5).

En ce qui concerne les cyclones tropicaux, les observations actuellement ne mettent pas en évidence de tendance générale claire vers une fréquence ou une intensité plus élevée (voir, par exemple, l'*Atlas climatique de la Réunion*, Météo France, 2002, et les publications de cet organisme dans les DOM-TOM). Qui plus est, autour du continent indien, la tendance générale depuis les années 1970 est d'une diminution du nombre de cyclones (Lal, 2001), même si la saison 2004 a été exceptionnelle. L'auteur souligne cependant que ces évolutions à court terme sont sans doute avant tout influencées par les oscillations du Niño, plus que par l'évolution de fond du climat. Il ajoute que, s'il n'est pas certain que la fréquence des cyclones change, les données actuelles suggèrent fortement qu'un accroissement de leur intensité est tout à fait probable. Dans le cadre du projet IMFREX, une analyse de l'impact du changement climatique sur les ouragans de l'Atlantique Nord a été entreprise par le Centre national de recherches météorologiques (CNRM) de Météo France. Les trajectoires obtenues dans cette simulation du climat futur n'indiquent qu'un faible changement, tant dans leur nombre que pour l'intensité des ouragans simulés. Cependant, les zones concernées par les cyclones pourraient se trouver décalées vers l'Est par rapport au climat actuel.

Figure 2. Nombre de tempêtes observées annuellement en France (courbe rouge) depuis 1970



La courbe jaune correspond à une moyenne glissante sur cinq ans, la courbe bleue à la régression linéaire sur les données. Ce résultat a été établi d'après les mesures de vent effectuées sur un même réseau de stations météorologiques. La notion de tempête correspond à un vent supérieur à 100 km/h. Cette figure montre qu'on ne constate pas d'évolution significative du nombre annuel de tempêtes en France sur la période considérée (d'après Drevet, 2002).

Il faut signaler également qu'en mars 2004 on a observé pour la première fois un cyclone tropical dans l'Atlantique Sud, le cyclone Catarina, qui a occasionné des dommages importants au sud du Brésil.

Quelques enseignements d'événements climatiques récents

Chaque événement extrême d'importance produit des dommages inattendus, qui provoquent l'étonnement, et dont on se rend compte après coup qu'ils auraient souvent pu être au moins en partie évités. Sans chercher à être exhaustifs (pour cela, le lecteur pourra se rapporter par exemple aux rapports annuels du délégué aux risques majeurs, 2003) nous mentionnons ici quelques événements de natures différentes qui ont affecté récemment la France :

- la sécheresse de l'été 1976 : dommages importants pour l'agriculture, nombre élevé de décès supplémentaires (6000 d'après InVS, 2003, qui n'ont pas suscité l'attention à l'époque) ;
- les tempêtes de décembre 1999 ;
- les inondations de la Somme, en juin 2001, provoquées par la remontée de la nappe phréatique ;

- les crues subites qui ont pris place, entre le 8 et le 12 septembre 2002, dans le Gard, l’Hérault, le Vaucluse, l’Ardèche, la Drôme et les Bouches-du-Rhône ;
- la canicule de l’été 2003, ainsi que la sécheresse et les feux de forêt au cours du même été.

Le délégué aux risques majeurs (2003) rappelle chaque année dans son rapport annuel les principaux événements ayant affecté la France. La base de données internationale EM-DAT de l’Université catholique de Louvain dresse une liste par ordre de gravité des principales catastrophes ayant affecté les différents pays. Le tableau 1 qui suit reproduit les résultats présentés pour la France.

Tableau 1. Les catastrophes les plus dévastatrices observées en France, par ordre de gravité

Catastrophe	Date	Décès	Catastrophe	Date	Personnes affectées
Températures extrêmes	1 août 2003	14 947	Tempête (vent)	26 déc. 1999	3 400 011
Tempête (vent)	26 déc. 1999	92	Tempête (vent)	30 mai 1999	100 020
Glissements de terrain	16 avril 1970	72	Inondations	2 déc. 2003	27 000
Tempête (vent)	janv. 1990	66	Inondations	8 juil. 1977	25 000
Tempête (vent)	22 sept. 1992	47	Températures extrêmes	4 janv. 1997	10 000
Tremblement de terre	11 juin 1909	46	Inondations	20 mars 2001	8 100
Glissements de terrain	10 fév. 1970	42	Inondations	6 avril 2001	7 371
Inondations	12 nov. 1999	36	Inondations	28 mai 1983	3 500
Inondations	30 sept. 1958	35	Feux de forêt	28 juil. 2003	3 004
Inondations	8 juil. 1977	26	Inondations	17 janv. 1995	3 000

Source : base de données internationale EM-DAT de l’Université catholique de Louvain.

Rappelons tout d’abord quelques conséquences de la canicule de l’été 2003. Cet événement, qui a provoqué une crise générale frappant la plupart des secteurs d’activité, a mis en lumière les limites de certaines organisations telles qu’elles se présentaient alors, et surtout le cloisonnement entre différents services de l’État. Ces éléments ont été décrits de manière très complète notamment dans les rapports établis pour le Sénat (Létard *et al.*, 2004) et pour l’Assemblée nationale (Evin et d’Aubert, 2004) :

- le nombre considérable de décès attribuables à la canicule et les difficultés éprouvées par l’aide sociale et le système de soins à réagir, dans un pays pourtant considéré comme ayant un excellent système de santé publique ;
- les problèmes rencontrés par les centrales électriques nucléaires et thermiques (charbon, fuel, nucléaire) pour leur refroidissement, et les difficultés éprouvées par EDF pour fournir l’électricité sous une demande plus élevée que prévu ¹, en respectant les normes environnementales sur la température des

1. Communiqués de presse d’EDF en date du 10 août 2003 et du 29 août 2003.

eaux rejetées en aval des installations ; des dérogations temporaires à ces normes ont dû être accordées pour certaines centrales ;

- les dysfonctionnements dans les transports ferroviaires, notamment le comportement des voies ferrées sous l'effet de la chaleur et les limites atteintes par les systèmes de climatisation des wagons de voyageurs ;

- les dommages subis par les forêts, encore en cours d'évaluation ; l'état des forêts à la suite de cet épisode a été passé en revue, le 25 mars 2004, à Strasbourg dans le cadre d'une conférence franco-allemande intitulée « Effets de la sécheresse et de la canicule 2003 sur les forêts en France et en Allemagne ». Birot (2004) dresse un premier bilan des recherches qui ont été conduites à la suite de cet événement. On observe une grande hétérogénéité spatiale et spécifique des réactions, avec, à l'échelle locale, des symptômes plus marqués pour les arbres fortement exposés au soleil et sur les zones à sol superficiel ou en situation particulièrement drainante. Dans plusieurs situations, l'épisode climatique de 2003 met en évidence des choix d'essences ou des gestions sylvicoles mal adaptés. L'été 2003 a été marqué par une forte reprise des attaques de scolytes sur l'épicéa commun, alors que les populations de ces insectes xylophages avaient fortement diminué durant l'été 2002 ; les douglas ont également subi des dégâts dans certains cas, et des questions se posent sur l'adaptation en France des différentes provenances introduites ; si les différents pins n'ont pratiquement pas à ce jour manifesté de symptômes significatifs, il est encore trop tôt pour se prononcer définitivement à ce sujet ;

- il faut ajouter à ces dommages l'ampleur des incendies de forêt. La multiplication des « fronts » a considérablement compliqué la tâche des services de la protection civile ;

- les conséquences économiques, notamment en ce qui concerne la production agricole.

Dans chaque secteur, les dommages les plus graves correspondent souvent au dépassement de certains seuils, dont les spécialistes sont généralement en mesure de définir la valeur. Sous un climat jadis considéré comme constant, le franchissement de tels seuils avait peut-être été jugé trop improbable aux niveaux décisionnels pour justifier des précautions plus poussées. Ainsi, la probabilité d'une hécatombe de personnes âgées avait été très clairement envisagée dans les travaux de Besancenot (2001) et dans le rapport du sénateur Deneux (2002), et des propositions avaient été formulées par l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST). Il existait également une documentation abondante et des études sociologiques sur ce type de phénomène à l'étranger, notamment aux États-Unis à la suite du désastre survenu à Chicago en 1995 (voir, par exemple, Klinenberg, 2002). Malgré cela, une survenue aussi subite et brutale n'avait pas été anticipée par les autorités responsables.

On observera que les effets sur la santé d'une situation de canicule sont de nature complexe. Outre l'influence directe de la température, de ses variations entre la journée et la nuit, l'activation de la pollution associée aux vagues de chaleur peut en aggraver considérablement les conséquences, ainsi que l'a signalé le Conseil national de l'air.

Encadré n° 5. Le rapport de l'Assemblée nationale

Le rapport rédigé par la commission d'enquête de l'Assemblée nationale (Evin et d'Aubert, 2004) signale un très grand nombre de points sur lesquels il serait possible d'agir pour atténuer les effets néfastes des canicules. Parmi ceux-ci nous avons noté en particulier les remarques suivantes :

- l'absence de méthodologie commune pour le traitement de ce type de situation au sein du système institutionnel, compliqué par la multiplicité des agences sanitaires (AFSSAPS, AFSSA, AFSSE, IRSN, InVS) (p. 10, 101, 102) ;
- l'épisode de la canicule a mis en évidence la toute puissance de l'approche épidémiologique dans les administrations et au sein du pouvoir politique (p. 11) ; cette approche est qualifiée par ailleurs de trop technicienne et pas assez politique (p. 12) ;
- un cloisonnement entre sanitaire et social (p. 15) ;
- la surmortalité a été plus importante dans les villes que dans les régions correspondantes (p. 38) ; pour Paris, s'ajoute la caractéristique technique d'une grande quantité d'immeubles à toiture en zinc (p. 37) ;
- une absence de coordination de certains services a été mise en évidence, par exemple entre l'InVS et les sapeurs pompiers (p. 91, 93) ;
- les collectivités locales se sont trouvées à l'écart des circuits d'information sanitaire, et les préoccupations des acteurs de terrain n'ont pas toujours été communiquées aux services de tutelle.

Enfin, on constate que la description des impacts du changement climatique ne prend pas toujours en compte les effets de propagation entre les différents secteurs de l'économie. Par exemple, il a été montré cet été que notre secteur énergétique, en particulier *via* nos centrales nucléaires refroidies par rivière, est très vulnérable à un changement du régime des pluies et aux variations de température. Or, l'impact important se situe ici surtout en aval du secteur vulnérable : les impacts sur la faune des rivières, mis à mal par des rejets d'eau chaude, ou les impacts sur les industries très consommatrices d'énergie à qui EDF a dû demander des réductions de consommation.

À la suite de ces constatations, on peut se poser la question suivante : « Quelles conséquences possibles du changement climatique les différents groupes sociaux seraient-ils prêts à accepter ? Pour prévenir celles qu'ils ne sauraient accepter, à quelles évolutions pourraient-ils consentir ? » Quand la société a identifié un danger très important, même s'il est sujet à incertitudes sur son occurrence et son ampleur, de nombreux exemples montrent que des moyens considérables peuvent être mis en œuvre.

Il est fort possible que, dans le contexte du changement climatique, d'autres « surprises » dramatiques surviennent. Par exemple, la France pourrait subir des marées de tempête importantes ou des tornades meurtrières (ce qui a été le cas aux États-Unis en 2003, avec près de 600 tornades au cours de l'année, contre un précédent record d'environ 400 en 1976). Enfin, dans l'autre sens, il faut garder à l'esprit que l'évolution de fond du climat vers un réchauffement général ne nous met pas à l'abri de vagues de froid potentiellement dévastatrices, avec la possibilité de températures fortement négatives pendant plusieurs semaines en hiver. Même sans aller jusqu'à cette extrémité, des chutes de neige importantes ou des pluies verglaçantes continueront à se produire (rappelons le blocage des routes et des voies ferrées provoqué par les chutes de neige, le 5 janvier 2003).

CHAPITRE II

Les signes du changement

Le dispositif de recueil et de diffusion d'information de l'ONERC

Dans les différents domaines affectés par le climat, il existe habituellement déjà un dispositif en place pour collecter des données et les exploiter. Il s'agit tout d'abord des organismes qui effectuent des observations de paramètres pouvant être associés au changement climatique, notamment dans les secteurs de l'environnement, de l'agriculture, de l'industrie, des transports, du bâtiment, de la santé... Il existe également un réseau d'observatoires de recherche en environnement (ORE) lancé par le ministère de la Recherche en 2002, et un réseau d'observatoires opérationnels de l'environnement (OOE) rattaché au ministère de l'Écologie et du Développement durable, en grande partie alimentés par les associations de protection de la nature. Ces organismes entretiennent des rapports très suivis avec leurs usagers et conduisent également très souvent des recherches. Ainsi, Météo France dialogue avec ses usagers et ses clients, à travers notamment le conseil supérieur de la météorologie, dont le rôle est précisément de recueillir les demandes des usagers, sa présence en régions et ses services commerciaux.

De même, les questions relatives à la prévision, l'annonce et l'alerte, lors de la survenue d'événements extrêmes, incombent aux organismes spécialisés. Ces procédures qui peuvent être considérées comme des mesures d'adaptation à part entière, peuvent avoir à évoluer en raison du changement climatique. C'est le cas notamment pour les situations catastrophiques inédites qui pourraient voir leur probabilité augmenter. Enfin, les retours d'expérience effectués après les événements marquants constituent également une source d'informations essentielle.

Compte tenu de l'existence de ces activités conduites par les différents organismes, qu'il ne s'agit en aucun cas de remettre en cause, mais au contraire d'encourager, voire d'harmoniser et de rendre plus accessibles dans certains cas, les besoins spécifiques en matière d'impacts du changement climatique et d'adaptation qui entrent dans le champ d'activité de l'ONERC sont notamment les suivants :

- rassembler et mutualiser les informations en s'appuyant sur le réseau de compétences existant dans ces différents organismes ;
- mettre à disposition du public et des décideurs un ensemble d'indicateurs de suivi du changement climatique, de ses conséquences et des mesures d'adaptation ;
- favoriser la mise à disposition de l'ensemble des résultats ;
- effectuer des études et des synthèses de nature transversale dans une optique spécifique au changement climatique ;
- consolider le système d'information, identifier les manques et inciter à l'amélioration des observations, en fonction des besoins spécifiques au climat ;
- animer les activités d'adaptation, les évaluer et estimer leurs possibilités d'extension.

Dans tous les cas, il s'agira de rassembler et de rendre disponibles les dernières informations scientifiquement validées, en s'efforçant de distinguer entre ce qui relève de la variabilité du climat et ce qui relève de son évolution.

Quelques évolutions remarquables

C'est depuis 1993 que la France développe des programmes d'études et de recherches en vue d'évaluer les incidences possibles des changements climatiques sur le territoire national, qu'il s'agisse de la métropole ou des DOM-TOM ; ces programmes ont été décrits dans la troisième communication nationale de la France à la CCNUCC (Mies, 2001b, chapitre 6). Le chapitre relatif aux impacts de la troisième communication nationale de la France à la CCNUCC concluait de la manière suivante : « En l'état actuel des connaissances sur les divers impacts potentiels décrits ci-dessus, il apparaît qu'en France les régions et zones les plus vulnérables face aux changements climatiques prévus se situent dans les DOM-TOM (qui ont déjà à faire face à des cyclones tropicaux relativement fréquents et à des maladies infectieuses climato-dépendantes) et, en métropole, dans le Sud méditerranéen et dans les secteurs de la moitié Nord du pays les plus exposés aux tempêtes et/ou aux inondations. Ces conclusions sont cohérentes avec celles du rapport européen Acacia (Parry, 2000). »

Les recherches, qui depuis 1999 se poursuivent principalement dans le cadre du programme « Gestion et impacts du changement climatique » (voir annexe 5), ont permis de préciser les conséquences sur différents milieux. On évoquera ci-après, à titre d'exemples, certaines évolutions susceptibles d'être attribuées, au moins partiellement, au réchauffement climatique, tirées des résultats des recherches françaises ou internationales. Cette liste, qui vise une synthèse des éléments les plus remarquables, n'a cependant que valeur d'exemple et ne se veut pas exhaustive. Des analyses approfondies pourront être recherchées dans le troisième rapport d'évaluation du groupe II du GIEC (IPCC, 2001b), ou, pour la France, dans les brochures éditées par la Mies (Mies, 2000a, 2000c, 2001a, 2001b).

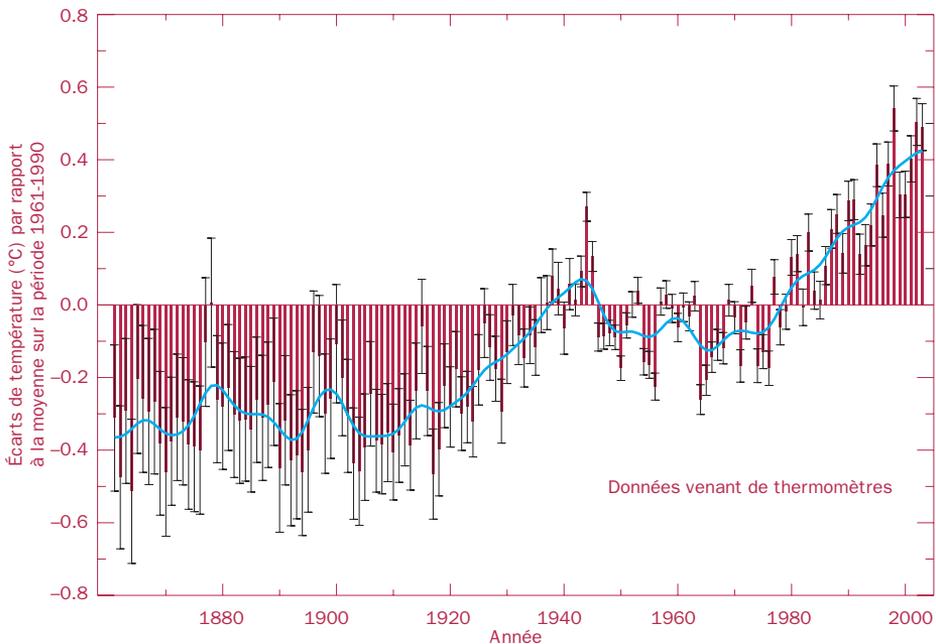
Nous avons fait ici le choix de présenter d'abord les évolutions dont l'attribution au changement climatique fait peu de doute, pour évoquer ensuite un certain nombre de cas plus complexes, où d'autres facteurs de changement jouent également un rôle important.

Évolutions dont l'attribution au changement du climat fait peu de doute

On peut tout d'abord rappeler certaines conclusions du GIEC, et des résultats d'observations effectuées en France.

Le GIEC a constaté, sur le XX^e siècle, une hausse de 0,6°C des températures moyennes journalières de surface pour l'ensemble du globe. Les températures nocturnes ont tendance à évoluer plus fortement que les températures diurnes. En France métropolitaine, sur la même période, l'augmentation de la température moyenne annuelle est plus importante d'environ 50 %, puisque l'analyse des relevés de température par Météo France sur l'hexagone montre un réchauffement moyen de 1 degré (Moisselin *et al.*, 2002) . Ceci est illustré par les figures 3 et 4.

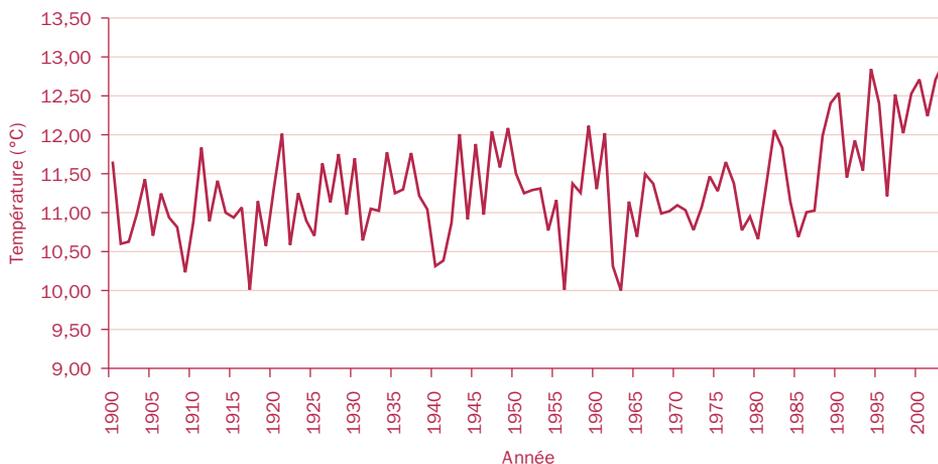
Figure 3. Variations de la température moyenne observée à la surface du globe depuis 1861 (source : Hadley Centre)



L'écart de température à la surface de la terre est indiqué année par année (barres rouges) et approximativement décennie par décennie (ligne bleue, la courbe annuelle filtrée supprimant les fluctuations au-dessous des échelles de temps quasi décennales). L'incertitude des mesures est matérialisée par les barres grises. L'année 1998 demeure l'année la plus chaude observée, suivie de 2002 et 2003.

Depuis une quarantaine d'années, d'après le GIEC (IPCC, 2001a), les précipitations ont augmenté, en moyenne, de 5 à 10 % sur la partie supérieure de l'hémisphère Nord. En moyenne sur la France, selon les observations de Météo France (Moisselin *et al.*, 2002) les précipitations hivernales et automnales ont également augmenté, alors que les précipitations estivales ont plutôt diminué.

Figure 4. Températures en moyenne annuelle sur l'hexagone depuis 1900
(source : Météo France)



L'année la plus chaude est, dans ce cas, l'année 2003, qui devance de très peu l'année 1994.

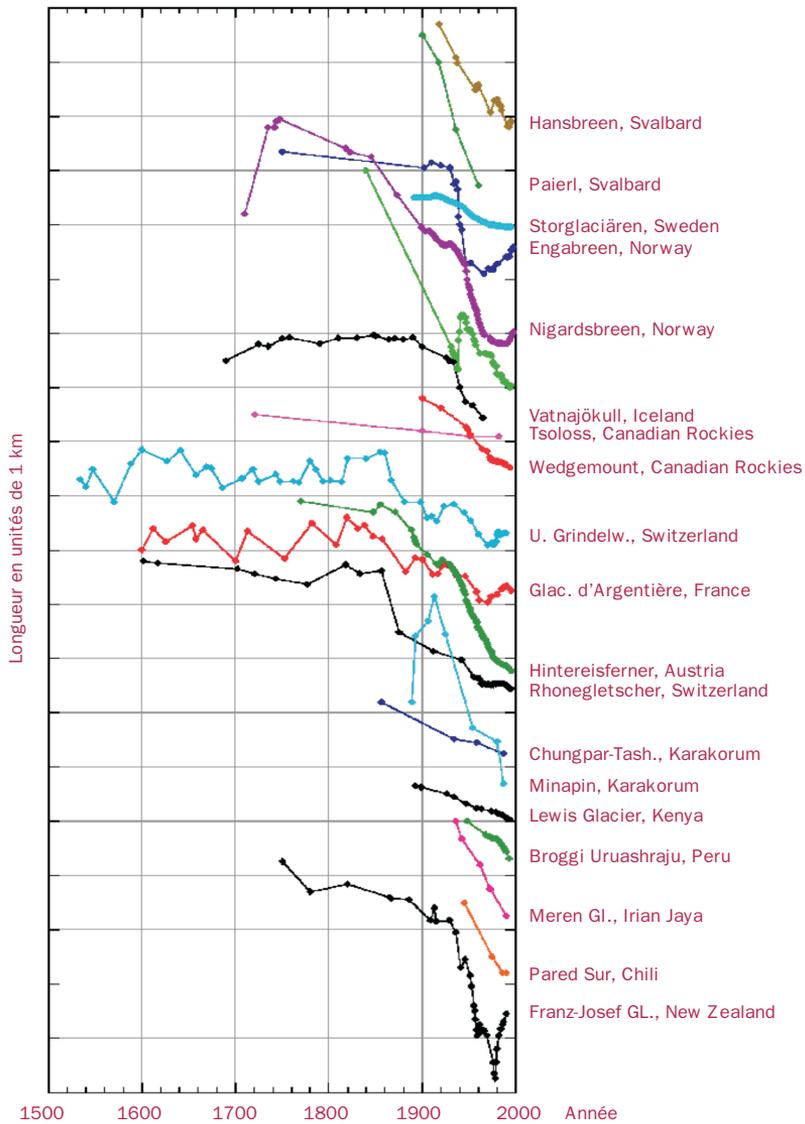
Cette observation s'entend pour la moyenne sur l'ensemble des sites de mesures, mais, pour chacun d'entre eux pris séparément, n'est pas au stade actuel statistiquement significative.

Les glaciers de montagne, dans la plupart des régions du globe et notamment en France, se sont considérablement réduits comme le montre la figure 5 provenant du Programme international géosphère-biosphère (PIGB). La neige continentale du nord de l'Europe disparaît de plus en plus tôt dans la saison, au point que sa date de disparition s'est avancée d'environ deux semaines en cinquante ans. De même, l'étendue de la banquise Arctique, mesurée par satellite depuis vingt-cinq ans, se réduit en moyenne d'environ 37 000 km² par an.

Le niveau de la mer s'est élevé de 10 à 20 cm au cours du xx^e siècle, en moyenne sur le globe. Cet effet serait dû environ pour moitié à la dilatation thermique de l'océan et pour l'autre moitié à la fonte des glaces continentales. Les conséquences pourraient être importantes pour certaines régions de France comme la Camargue, dans d'autres pays de l'Union européenne (Venise) et de la Méditerranée (Alexandrie), ainsi que sur les petites îles et atolls des DOM-TOM ou de leur voisinage.

La durée de végétation des forêts de France métropolitaine s'est allongée d'environ douze jours sur les dix dernières années, et les dates des vendanges ont avancé de près de trois semaines depuis 1945. La figure 6, établie par Ganihot (2002), illustre cette évolution de manière particulièrement frappante.

Figure 5. Évolution en longueur de différents glaciers de montagne au cours des derniers siècles (source : PIGB)

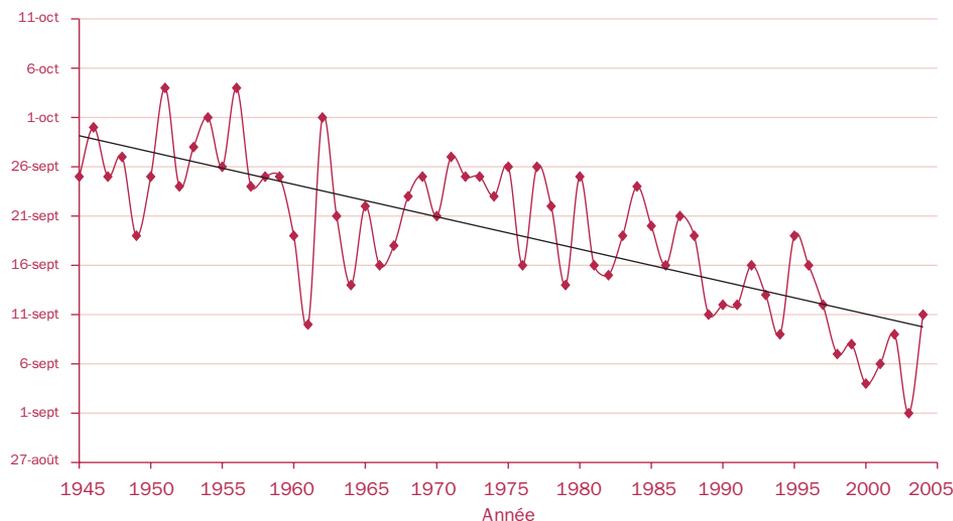


Évolutions de nature plus complexe, où d'autres facteurs interviennent également

Une croissance plus rapide des arbres dans certaines régions du globe, et notamment en France, est observée depuis les dernières décennies. L'Inra ¹ constate

1. INRA mensuel, n° 113, juin 2002.

Figure 6. Évolution depuis 1945 des dates de vendanges à Châteauneuf-du-Pape (source : service technique InterRhône)



que la croissance des peuplements forestiers a augmenté, depuis le début du XIX^e siècle, d'environ 30 %. Cette évolution est favorisée par l'augmentation de la température, des précipitations et du contenu de l'air en gaz carbonique, liées au réchauffement climatique, mais l'augmentation de la teneur atmosphérique en dioxyde de soufre et en composés azotés y joue aussi certainement un rôle.

Le réchauffement de la température de la mer est considéré comme déterminant pour le phénomène de blanchissement des coraux, que l'on observe sur la plupart des récifs coralliens. Cependant, de toute évidence, l'influence directe de l'homme entre aussi souvent en compte dans cette évolution. Le blanchissement est également associé dans certains cas à l'occurrence d'un phénomène El Niño important en 1997. Il est fort possible que les épisodes El Niño deviennent plus fréquents avec le changement climatique. L'AFP¹ a répercuté, en juillet 2004, le cri d'alerte du PNUE sur l'état des mers et des océans, signalant que 10 % des récifs coralliens sont irrémédiablement condamnés, et que 40 % sont en danger.

1. Dépêche AFP 031352 du 03/06/04 (13 : 55 : 44).

Encadré n° 6. L'action de l'Ifreco

L'initiative française pour les récifs coralliens est une action nationale en faveur des récifs coralliens des collectivités de l'outre-mer, engagée en mars 1999 sur décision du Premier ministre. Les récifs coralliens français et leurs lagons couvrent près de 55 000 km², ce qui correspond en surface environ à 10 % des récifs mondiaux. La barrière de corail de Nouvelle-Calédonie est par son étendue la deuxième au monde, après celle d'Australie.

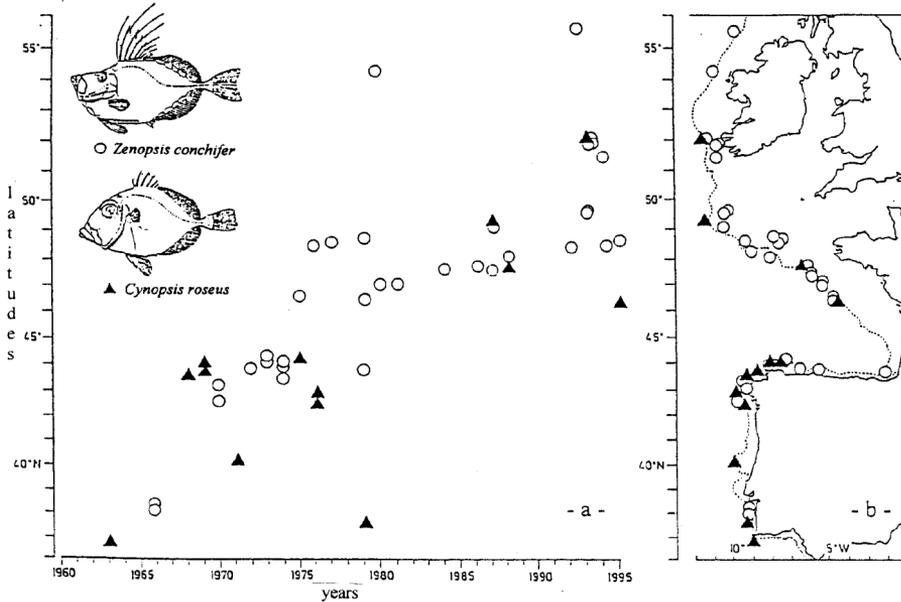
L'Ifreco signale que les situations les plus critiques se situent dans les îles les plus peuplées, où les récifs bordent les côtes : Antilles, Mayotte, la Réunion. Les variations dans l'état des récifs sont souvent très brutales, à la suite d'événements catastrophiques (cyclones, acanthaster, blanchissement, rejets de sédiments). Les phénomènes de blanchissement ont été très importants dans toutes les collectivités, surtout en 1998 après l'épisode El Niño. Cependant, les rapports de plusieurs collectivités montrent souvent une bonne récupération depuis cet événement.

L'Ifreco a défini en septembre 2000 un plan d'action national pour améliorer le suivi des récifs coralliens.

L'évolution du climat peut également avoir une influence sur la diminution des ressources marines, notamment pour la pêche en haute mer. En effet, la température de la mer et les facteurs météorologiques comme les intempéries exercent sans aucun doute une action importante sur les jeunes poissons mais les mécanismes en demeurent encore trop mal connus pour que l'on puisse discerner un effet possible du réchauffement climatique (Planque, 2003).

Des déplacements vers les pôles et en altitude des espèces animales et végétales (plantes, insectes, oiseaux et poissons) auraient aussi pour cause le changement climatique. Quéro *et al.*, (1998) avaient déjà signalé un important déplacement vers le nord de l'Atlantique européen de deux espèces de poissons, *Cynoscion roseus* et *Sphaeroides pachygaster*, en relation avec un réchauffement observé dans certains courants marins. La commission de la convention pour la protection de l'Atlantique du Nord-Est (dite convention OSPAR) a montré, dans son rapport sur l'état de l'environnement publié en 2000, une relation entre l'augmentation de température des eaux le long des côtes atlantiques et l'observation de poissons tropicaux, jusque-là absents de ces eaux. La figure 7 illustre cette situation. Des évolutions sur le zooplancton ont également été observées, notamment sur des crustacés copépodes, par exemple par Beau-grand (2003).

Figure 7. Distribution des prises de *Zenopsis conchifer* et *Cynopsis roseus* le long des côtes atlantiques



La figure 7 (partie gauche) montre que les premières observations de poissons tropicaux remontent à 1963 et 1966 dans le sud du Portugal. La partie droite de la figure illustre le fait que les poissons, en remontant en latitude, suivent le plateau continental (*source* : OSPAR Commission 2000. Quality Status Report 2000, Region IV Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission, London).

On évoquera enfin la difficile question de l'augmentation des coûts des dommages occasionnés par les catastrophes d'origine climatique, et des indemnités versées par les sociétés de réassurances (on pourra se référer par exemple aux publications des réassureurs tels que Swiss Re, Munich Re ou la Caisse centrale de réassurance en France). Dans ce domaine, il convient cependant de signaler que de nombreux autres facteurs que le changement climatique interviennent, comme l'évolution de l'habitat vers des zones exposées, une comptabilisation plus complète des dommages avec le temps, etc. Il n'est pas possible aujourd'hui de démêler la part éventuelle du changement climatique dans cette augmentation.

Les indicateurs du changement climatique

Un suivi quantitatif du changement climatique et de ses incidences peut être fait par le moyen d'indicateurs. La finalité et la nature de tels indicateurs ont été précisées notamment par l'Agence européenne de l'environnement, qui commence à en faire un usage systématique (EEA, 2004). Il s'agit de résultats

d'observations quantitatifs, attachés à un domaine géographique, à un paramètre et à un phénomène précis, suivi le plus souvent sur une base annuelle.

L'annexe 4 contient la liste des indicateurs actuellement étudiés ou envisagés par l'ONERC. Certains d'entre eux, comme par exemple la moyenne annuelle des températures mesurées sur la métropole, ou la date des vendanges à Châteauneuf-du-Pape sont déjà relativement bien connus du public et peuvent être obtenus sans difficulté auprès des organismes qui les produisent. D'autres indicateurs correspondent à des données rassemblées de manière moins systématique, ce qui est souvent le cas des informations liées à la biologie ou à l'économie. Des efforts restent à faire pour leur collecte, leur homogénéisation et leur disponibilité.

L'analyse croisée d'indicateurs peut aussi fournir des indications intéressantes sur de possibles liaisons entre les évolutions constatées. En tant que « signaux » régulièrement actualisés, le jeu des indicateurs constitue enfin un véritable tableau de bord sur l'état du climat, auquel chacun peut se référer.

La comptabilisation des impacts

L'évaluation du coût des impacts constitue un sujet récurrent, qui se pose à chaque événement marquant. Une des difficultés provient du caractère non comparable de la nature des dommages. Il est d'usage de distinguer les unités de comptabilisation suivantes :

1. les effets sur le marché, ou coûts internes (en euros ou en dollars), qui se traduisent également en points de PIB ;
2. les coûts dits externes : pertes en vies humaines (personnes) ; pertes en biodiversité (espèces disparues) ; effets redistributifs (redistribution des charges et avantages au sein de la société) ; les conséquences sur la qualité de vie (pertes de sites, migrations forcées, perturbations d'aménités culturelles, etc.).

Dans ces estimations, il convient également de prendre en compte les « effets domino », associés à des fragilisations en chaîne. Il est donc nécessaire de prendre en compte les interdépendances, notamment entre secteurs économiques et régions.

Les impacts du réchauffement climatique peuvent être à l'origine de dommages ou d'avantages d'importance variable, pour l'environnement, l'économie et la société en général. L'évaluation monétaire de ces impacts se heurte à de nombreuses difficultés, classiques lorsqu'on traite de phénomènes environnementaux, parfois irréversibles et de longue durée :

- définition de la situation de référence, en l'absence de changement climatique ;
- difficulté à évaluer le degré d'adaptation spontanée du système socio-économique ;

- évaluation des coûts d'opportunité des ressources utilisées, dégradées ou épargnées ;
- description des scénarios possibles, avec explicitation des choix effectués et des marges de manœuvre ;
- taux d'actualisation retenus ;
- évaluation des impacts non pris en compte par le marché (externalités) et des impacts potentiellement catastrophiques ;
- incertitudes attachées aux probabilités des différents résultats ;
- consentements à payer, ou à subir, avec effets redistributifs des choix possibles ;
- diversité des nations, sociétés, groupes, ressources, écosystèmes, espèces ;
- possibilités diverses de concevoir et répartir les aides.

Les études disponibles, encore peu nombreuses, sur les impacts agrégés du changement climatique, concluent qu'au niveau mondial les dommages l'emportent sur les avantages pour une augmentation de température moyenne en surface de plus de 2 ou 3°C. Soulignons que la logique de ces calculs suppose que des dommages lourds dans une région A sont compensés par des avantages dans une région B, ce qui en pratique ne serait vrai que pour des activités ou des personnes pouvant migrer de A vers B, et sans doute pas pour les autorités chargées de la gestion de A. Les études prenant en compte les impacts non liés au marché concluent que, dans la plupart des pays, ceux-ci sont faibles par comparaison aux impacts possibles de caractère catastrophique (Nordhaus et Boyer, 2000). Il est cependant admis que les modèles utilisés jusqu'à présent pour ces études sont beaucoup trop simplistes pour prétendre fournir une estimation fiable des coûts économiques. Ils négligent notamment :

- les interactions entre les différents secteurs économiques, alors qu'on a observé par exemple, à l'occasion des tempêtes de 1999, que, lorsque le secteur électrique est touché, l'ensemble de l'économie se trouve paralysé ;
- les interactions entre les régions ;
- les inerties de certains secteurs, comme l'habitat ;
- les effets de choc liés au dépassement de seuils ou à des événements extrêmes.

Certains secteurs économiques sont parfois même négligés, comme par exemple le tourisme, alors qu'ils sont essentiels dans certaines régions.

L'OCDE a conduit récemment des revues des méthodes d'estimation des impacts, qui conduisent à des résultats très variables selon les hypothèses retenues au départ, et la construction du modèle. Très récemment, Jorgenson *et al.* (2004) ont calculé que les effets globaux sur le marché pour les États-Unis, pour un réchauffement allant de 1°C à 4,5°C, se situeraient entre un gain de un point et une perte de trois points de PIB à la fin du présent siècle. Les effets les plus importants se feraient sentir sur la production agricole, qui, dans un premier temps, bénéficierait globalement du réchauffement climatique, mais de manière non durable.

Le 3^e rapport d'évaluation du GIEC annonce que les impacts du changement climatique se feront sentir davantage sur les pays en développement et sur les personnes les plus démunies, y compris dans les pays développés. Les structures de fonctionnement souvent sophistiquées de ces derniers, optimisées pour des conditions climatiques données, particulièrement clémentes en Europe de l'Ouest depuis de nombreux siècles, présentent également des points très vulnérables.

De manière générale, la comptabilisation des dommages causés par les événements extrêmes en fonction des différents facteurs de vulnérabilité, d'enjeu et d'aléa mériterait d'être affinée, en vue notamment de dégager la part attribuable au changement climatique. Aux États-Unis, Changnon (2003) constate une carence importante dans ce domaine, et recommande la création d'une agence spécialisée. Ce point est également signalé par le délégué aux risques majeurs (2003), qui remarque que le domaine de la recherche économique apparaît aujourd'hui en retrait de ce que l'on pourrait souhaiter en matière de prévention des risques naturels. Il observe notamment que certains champs de recherche sont insuffisamment couverts, comme par exemple l'instrumentation ou l'appréciation économique de l'impact des politiques de prévention.

CHAPITRE III

La vulnérabilité au changement climatique

Quelques définitions

Nous retiendrons ici la définition de la vulnérabilité au changement climatique proposée par le GIEC.

Encadré n° 7. La vulnérabilité selon le GIEC

Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation.

(IPCC, 2001d)

La vulnérabilité constitue donc le côté négatif de la sensibilité au climat. Inversement, dans certains cas, le changement climatique peut apporter des opportunités. Par exemple, pour certaines régions, l'activité touristique pourra se trouver favorisée.

Il a été indiqué dans le chapitre I que le changement climatique donne tout d'abord lieu à une dérive de certains paramètres moyens. Ainsi, le GIEC a-t-il établi que la température moyenne sur l'année à la surface du globe a augmenté de 0,6 °C au cours du xx^e siècle (IPCC, 2001a). En fonction de différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine, on projette pour le présent siècle des évolutions de paramètres climatiques moyens, à l'intérieur de certaines fourchettes d'incertitudes : des augmentations de température, des augmentations ou des diminutions de précipitations selon les saisons et les lieux, une augmentation du niveau moyen de la mer... Ces évolutions de fond ont des incidences qui peuvent être très importantes, par exemple sur la croissance des forêts, l'agriculture ; néanmoins, elles fournissent une représentation d'une évolution lente et régulière, alors que la météorologie est constamment marquée par des fluctuations importantes, parfois paroxysmiques. Ce sont ces événements extrêmes qui peuvent provoquer des catastrophes et qui marquent l'opinion publique. Le changement climatique devrait conduire à une augmentation de la fréquence ou de l'intensité de certains événements extrêmes. L'augmentation des vagues de chaleur, des sécheresses et des inondations de grande échelle est très probable. En ce qui concerne les cyclones, les tempêtes, les orages, les avis des scientifiques sont plus partagés, comme cela a été exposé au chapitre I. Toutefois, la prudence incite, dans ce cas également, à envisager les cas défavorables.

Pour apprécier la vulnérabilité, il convient tout d'abord de définir précisément l'**enjeu** considéré (par exemple, un territoire, une entreprise, l'activité touris-

tique d'une région, un écosystème...). Ensuite, les **aléas** susceptibles d'affecter cet enjeu doivent être examinés, comme, par exemple, l'évolution des dates de gelées, la fréquence et l'intensité des tempêtes, les températures extrêmes d'été.... Ce sont les probabilités de survenue de ces aléas qui sont susceptibles d'évoluer avec le changement climatique. Les scénarios climatiques régionaux peuvent proposer des projections de ces évolutions ; ainsi, peut-on espérer obtenir de ces scénarios par exemple la probabilité en 2050 que se produise en un lieu donné un cumul journalier de précipitations supérieur à un seuil donné. Les aléas à examiner dépendront bien entendu de l'enjeu considéré, ce qui permet généralement de limiter le nombre de cas à traiter et de les définir précisément. Dans un troisième temps, l'évolution dans le temps des caractéristiques de l'enjeu et de l'aléa sera prise en considération, ainsi que les capacités d'adaptation. Ainsi, le risque pourra s'exprimer de la manière suivante :

$$\text{risque} = \text{enjeu} \times \text{aléa} \times \text{vulnérabilité.}$$

Une description plus complète de cette question figure sur le site internet de la direction de la prévention de la pollution et des risques du ministère de l'Écologie et du Développement durable.

Dans ce contexte, il convient d'accorder une attention particulière à la question du risque majeur, caractérisé par deux critères :

- une faible fréquence : l'homme et la société peuvent être d'autant plus enclins à l'ignorer que les catastrophes sont peu fréquentes ; on a vu que cette fréquence peut être vouée à croître en raison du changement climatique ;
- une gravité considérable : nombreuses victimes, dommages importants aux biens et à l'environnement.

Un événement potentiellement dangereux (aléa) n'est un risque majeur que s'il s'applique à une zone où des enjeux humains, économiques ou environnementaux sont en présence. D'une manière générale, le risque majeur se caractérise par de nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels, des impacts sur l'environnement : la vulnérabilité mesure ces conséquences.

L'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation quantitative de la vulnérabilité est un exercice complexe et souvent hasardeux. Plus globalement, on constate (IPCC, 2001b) que le degré de vulnérabilité est le produit de contextes variés, notamment :

- la pauvreté et la marginalisation ;
- l'instabilité et les conflits sociaux ;
- la croissance démographique ;
- la colonisation de zones côtières et inondables ;
- la colonisation de zones en voie de désertification ;
- l'urbanisation rapide et sauvage ;
- la surcharge des infrastructures ;

- la croissance de la valeur économique des zones construites ;
- la dégradation de l’environnement (disparition de zones humides tampons par exemple) ;
- la sophistication des organisations optimisées en conditions faiblement variables.

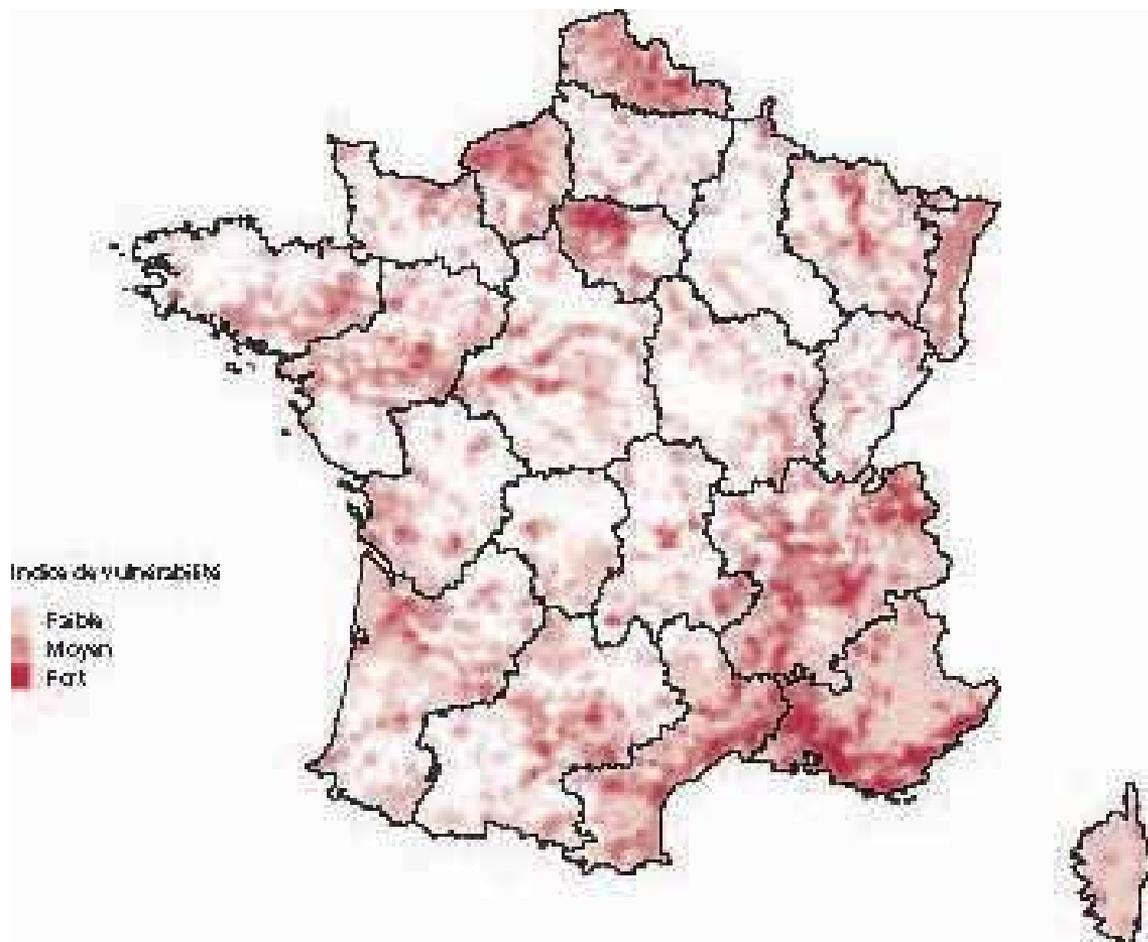
Un exercice réalisé par l’ONERC (figure 8) peut illustrer à titre d’exemple le degré par lequel la France métropolitaine risque d’être affectée négativement par les effets du changement climatique. La figure suivante part du principe que plus la concentration de la population (**enjeu**) s’élève, plus l’impact des risques naturels prévisibles susceptibles d’être influencés par le changement climatique (**aléa**) va être important, et cela d’autant plus que le nombre de risques recensés est élevé.

Dans le même ordre d’idées, mais s’agissant cette fois de mettre en évidence des évolutions, le même exercice a été réalisé de façon à apprécier si les changements de répartition des populations sur le territoire métropolitain allaient dans le sens d’une plus ou moins grande exposition aux risques naturels susceptibles d’être influencés par le changement climatique. La figure 9, qui prend en compte le fait que l’enjeu n’est plus simplement la plus ou moins grande concentration de population sur les territoires considérés, mais les variations de ces populations à une échelle plus que décennale, peut aussi être envisagée comme un premier pas vers un exercice de prospective, par extrapolation des tendances observées dans le passé.

Approche de la vulnérabilité au plan local

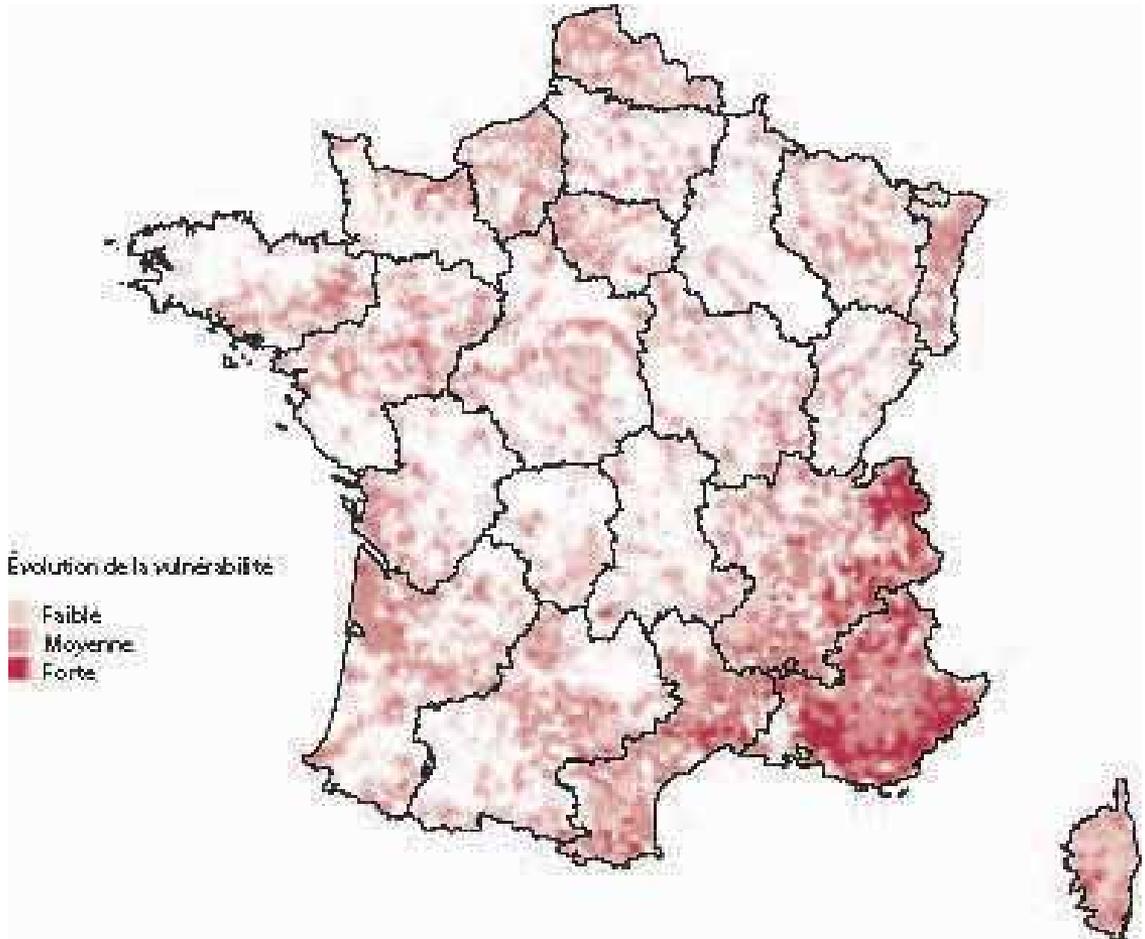
La variété de la nature des dommages possibles ne permettra peut-être jamais de caractériser la vulnérabilité par un nombre. La vulnérabilité doit être perçue plutôt comme une variable multidimensionnelle, à examiner au minimum selon les trois plans du développement durable, c’est-à-dire les aspects humains, économiques et environnementaux. Ceci montre la difficulté à réaliser une évaluation macroéconomique de la vulnérabilité, et plaide en faveur d’une approche locale et pragmatique, tout au moins dans un premier temps. Une approche pratique de la vulnérabilité doit nécessairement prendre en considération l’échelon territorial. Des études de cadrage faisant appel à des contributions multidisciplinaires devraient permettre dans un premier temps d’évaluer les principales vulnérabilités sur quelques collectivités « pilotes », en vue de nourrir la réflexion sur la planification de l’adaptation. L’approche territoriale a l’avantage d’utiliser la connaissance locale du terrain et des événements climatiques passés, et de concentrer la réflexion sur des éléments concrets. Elle permet également de raisonner sur des projets précis et bien délimités (par exemple, la conception d’une route), qui se prêtent mieux à des évaluations économiques.

Figure 8. Exposition des populations aux risques naturels susceptibles d'être influencés par le changement climatique



Cette figure croise, à l'échelle de la commune, des données relatives, d'une part, à la densité de population, et, d'autre part, au nombre de risques naturels prévisibles (inondations, feux de forêts, tempêtes, avalanches et mouvements de terrain), établis à partir des dossiers départementaux des risques majeurs et des connaissances de l'État et dont le recueil national est assuré par le MEDD (*source* : ONERC, d'après des données Insee [RP 1999], MEDD/DPPR [BD Corinte au 01/04/2004], et traitements Ifen).

Figure 9. Évolution de l'exposition des populations aux risques naturels susceptibles d'être influencés



Les risques naturels prévisibles sont les mêmes que ceux de la figure précédente : inondations, feux de forêts, tempêtes, avalanches et mouvements de terrain. Le nombre de ces risques est ici croisé, à l'échelle communale, avec la variation des populations entre les deux derniers recensements de la population en 1982 et 1999 (*source* : ONERC, d'après des données Insee [RP 1982 et 1999], MEDD/DPPR [BD Corinte au 01/04/2004], et traitements Ifen).

Vulnérabilité des organisations humaines et des dispositifs techniques complexes

Le GIEC, dans son troisième rapport d'évaluation (GIEC, 2001b), souligne que « les effets de l'évolution climatique s'exerceront de façon disproportionnée sur les pays en développement et les populations déshéritées dans tous les pays, renforçant ainsi les inégalités en matière de santé et d'accès à une alimentation adéquate, à l'eau potable et à d'autres ressources ». L'épisode de la canicule nous a rappelé en effet que les pays en développement ne sont pas les seuls à être gravement menacés par l'évolution du climat. Cet épisode met également en question la robustesse de certains systèmes techniques et organisationnels en situations aujourd'hui considérées comme extrêmes, mais qui demain seront peut-être largement outrepassées.

Les techniques de conception et de gestion des systèmes permettent d'ajuster les spécifications techniques en fonction de la robustesse souhaitée. Par exemple, dans les réseaux d'assainissement, il est tenu compte quantitativement de la probabilité de pluies intenses pour déterminer le diamètre des collecteurs. Les coûts croissant en général avec la robustesse du système, des décisions sont prises, à différents niveaux, sur la foi des informations produites par les concepteurs, les exploitants, les gestionnaires... afin de préserver la sécurité au moindre coût. Ces décisions sont souvent prises en fonction de réglementations, quand il en existe dans l'enjeu considéré. Celles-ci s'appuient sur les informations statistiques disponibles, relatives aux fréquences des phénomènes observés dans le passé. La validité de ces données pour l'avenir n'est donc pas acquise.

La réflexion sur les vulnérabilités sectorielles constituera l'occasion de développer un certain nombre d'indicateurs de vulnérabilité construits de manière simple et transférable à partir des résultats des scénarios climatiques, pour encadrer les vulnérabilités potentielles dans l'attente d'études d'impact plus approfondies. Les secteurs qu'il convient ici d'examiner en premier lieu sont ceux que l'on sait déjà sensibles aux aléas météorologiques (gestion de l'eau, production d'énergie, habitat, transports, santé, agriculture, biodiversité).

Les centres de décision, qu'il s'agisse de réglementation, de normalisation, de définition de bonnes pratiques, de labels, ou, concrètement, de choix d'investissements, sont multiples, et se trouvent au niveau des secteurs, mais aussi de l'État et des collectivités.

Il serait donc utile de constituer, à partir d'informations provenant en grande partie du niveau local et en relation avec l'ensemble des ministères concernés, un inventaire des « structures essentielles » présentant une vulnérabilité, et d'identifier ces vulnérabilités. Il s'agit ici des structures par essence d'utilité publique, dont le dysfonctionnement pourrait provoquer une forte désorganisation.

Enfin, l'approche qualitative de la vulnérabilité devra être poursuivie et généralisée, notamment par la production de cartes illustrant les principaux points sensibles sous une forme imagée et synthétique.

CHAPITRE IV

Les stratégies d'adaptation

Le but de l'adaptation est de limiter les aspects négatifs des impacts en réduisant la vulnérabilité, et de tirer parti au mieux de leurs aspects positifs ou opportunités. Face à une évolution de l'environnement, les options d'adaptation possibles sont en général multiples, et méritent le plus souvent une réflexion stratégique approfondie, prenant notamment en compte les conséquences indirectes et à long terme des différentes attitudes possibles. Une prise en considération anticipée de l'évolution du climat dans les décisions ayant des conséquences à long terme peut éviter dans un avenir peut-être plus proche que prévu des dommages importants. Il est donc sage de mettre au point dès que possible des plans d'adaptation dans les régions menacées par le changement climatique, sans attendre que ses effets ne se fassent sentir.

Avant d'aborder cette question de l'adaptation, il convient de rappeler que certaines conséquences du changement climatique seront irréversibles, pour ne pas dire irréparables, et que, dans certains de ces cas, il n'existe pas d'adaptation possible. C'est là un risque important tout particulièrement pour les écosystèmes naturels et les activités qui en dépendent (agriculture, renouvellement des ressources en eau, forêt, tourisme...) ; en effet, les écosystèmes, souvent déjà fragilisés par les pollutions, morcellements et pertes de biodiversité, peuvent présenter une très grande sensibilité à un changement du climat, et des capacités d'adaptation amoindries. Ceci est tout particulièrement vrai dans le domaine français tropical (DOM-TOM), qui, de plus, pourrait craindre une plus grande fréquence ou intensité des cyclones (sans qu'une telle tendance ne soit aujourd'hui établie, comme indiqué dans le chapitre II).

Le tableau 2, inspiré du programme sur les impacts du changement climatique du Royaume-Uni, illustre un certain nombre de stratégies d'adaptation envisageables.

Tableau 2. Quelques stratégies possibles pour l'adaptation au changement climatique (source : UKCIP)

Type de stratégie	Exemple
Partage des pertes	Possibilité de s'assurer contre les pertes dues au mauvais temps, produits dérivés climatiques
Assumer les pertes	Anticiper et accepter la perte de certaines zones côtières avec la montée de la mer
Changements structurels et techniques	Renforcer les fondations des bâtiments devant l'augmentation des risques de subsidence, réhabiliter les stratégies de stocks préventifs
Changements législatifs ou institutionnels	Renforcer les orientations de planification encadrant les développements en zone inondable, rendre plus sévères les sanctions pour non-prise en compte des paramètres climatiques
Éviter le risque	Eviter de construire en zone inondable
Recherche	Utiliser la recherche pour mieux comprendre les effets possibles des risques climatiques
Éducation	Améliorer les connaissances du public pour faire face aux inondations dans les habitations

Encadré n° 8. Deux exemples à l'étranger sur l'adaptation

La question de l'adaptation constitue un point important de la convention-cadre sur les changements climatiques, et le sujet fait l'objet de débats intenses dans les négociations qui suivent cet accord¹. La convention s'intéresse principalement à l'adaptation des pays en développement, notamment les moins avancés d'entre eux, parmi lesquels l'Afrique est fortement représentée. Pour ce qui concerne les pays développés, nous mentionnerons ici les cas du Royaume-Uni et du Canada.

Le Royaume-Uni a mis en place une structure dédiée à l'adaptation dès avril 1997, le « UK Climate impacts programme » (UKCIP), qui dépend du ministère chargé de l'Environnement (DEFRA). Son rôle est d'aider les organisations à évaluer la manière dont ils seront affectés par le changement climatique, afin qu'ils puissent s'y préparer. Il tient à la disposition des usagers des scénarios régionaux de changement climatique. L'UKCIP est une structure de dix personnes hébergée par l'université d'Oxford. Il a publié de très nombreux rapports et guides, notamment sur les aspects sectoriels et sur les aspects économiques. Toutes les informations sont disponibles sur le site internet « <http://www.ukcip.org.uk> ».

Au Canada, le programme national sur les impacts et l'adaptation liés aux changements climatiques finance la recherche et les activités qui permettent d'approfondir la connaissance de la vulnérabilité du Canada aux changements climatiques, de mieux évaluer les risques et avantages liés aux changements climatiques et d'élaborer un processus décisionnel judicieux en matière d'adaptation. Le programme facilite également la collaboration entre les divers intervenants et chercheurs dans le cadre du Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation. Des informations sont disponibles sur le site internet « <http://adaptation.rncan.gc.ca> ».

La France n'a pas aujourd'hui défini de programme national d'adaptation au changement climatique. Le programme national de lutte contre le changement climatique approuvé par le gouvernement en janvier 2000 ne formulait pas de propositions dans ce sens, et la communication nationale de la France à la CCNUCC, remise en novembre 2001, rappelait que la France n'avait pas de programme spécifique d'adaptation. Lors du colloque sur les événements météoro-

1. ONERC : communiqué de presse du 26 juin 2004.

logiques extrêmes organisé par l'ONERC en juin 2003, il a également été noté qu'en France, les actions de prévention et d'entretien sont souvent traitées avec moins d'attention que les actions de réparation/indemnisation. C'est le cas pour la réflexion sur l'adaptation au réchauffement climatique, qui est encore très récente en France. En revanche, il existe des lois sur l'aménagement du territoire, sur la protection de l'environnement, et de nombreux plans, découlant de ces lois (par exemple, de prévention des risques naturels et de gestion intégrée des espaces, milieux et ressources naturelles). L'évaluation sociale, économique et environnementale plus précise des effets de la tendance de l'évolution du climat pourrait conduire à terme à une définition des actions spécifiques d'adaptation et à leur intégration dans le dispositif législatif et réglementaire, avec la mise en place d'un programme national d'adaptation. Ceci devra s'appuyer sur la mise au point de méthodologies de chiffrage du coût des impacts et une analyse globale de leurs incidences sur l'homme et sur la nature.

Très récemment, à la suite de la canicule de l'été 2003, un grand nombre de « plans canicule » ont été publiés, qui peuvent effectivement être qualifiés de plans d'adaptation. L'été 2003 a été l'un des plus chauds en France depuis le début du xx^e siècle. Les conséquences en ont été lourdes dans de nombreux domaines, et en particulier au plan de la santé, avec environ 15 000 décès dus aux températures élevées associées à la pollution de l'air. Les modèles climatiques français confirment tous qu'avec le changement climatique des canicules de ce type se présenteront de plus en plus fréquemment, conformément aux modélisations développées également par les différents laboratoires impliqués dans les travaux du GIEC. Les caractéristiques de l'épisode de 2003, telles que décrites notamment par Bessemoulin *et al.* (2004), correspondent bien à celles prévues par ces modèles de simulation du climat, notamment par l'élévation particulièrement forte des températures nocturnes, qui réduit les possibilités de récupération pour les organismes. L'inquiétude soulevée par cet événement, qui, après les tempêtes de 1999 et des épisodes de crues successifs, a rappelé à tous la réalité du changement climatique, a ainsi suscité la mobilisation de moyens importants, pour se prémunir contre des épisodes semblables à venir.

On trouvera dans le tableau 3 certains de ces plans canicule, dont il a été fait écho dans la presse.

Les secteurs d'activité sensibles aux conditions météorologiques ont certes déjà une culture étendue de l'adaptation à la **variabilité climatique**, qui désigne les fluctuations, dans un climat stable, des paramètres météorologiques. L'agriculture, la production d'énergie, les transports (marine, aviation, route), le bâtiment ont une longue expérience de ces variations. Cette expérience, souvent immémoriale, est intégrée dans le savoir faire traditionnel, dans les techniques et les modes de gestion. Avec le changement climatique, les données du problème évoluent fortement. Il devient donc nécessaire de réexaminer un certain nombre d'éléments considérés jusqu'ici comme acquis, et d'en tirer les conséquences au plan de l'action.

Tableau 3. Quelques exemples de « plans canicule » annoncés dans la presse

Organisme	Date	Description
Ministère de la Santé, ministère délégué aux Personnes âgées	05/05/04	Plan canicule
Météo France et Institut de veille sanitaire (InVS)	05/05/04	Dispositif d'alerte aux vagues de chaleur, indicateur biométéorologique des canicules, « carte de vigilance chaleur »*.
AP-HP	06/05/04	Plan pour les services d'urgence et l'ensemble des hôpitaux de la région parisienne.
Préfecture de police et ville de Paris	02/06/04	Plan canicule pour Paris.
Ministère de la Justice	17/06/04	Plan d'action en cas de canicule dans les établissements pénitentiaires**.

* *Le Quotidien du médecin*, 5 janvier 2004.

** *Le Figaro*, 18 juin 2004.

L'adaptation doit associer des politiques nationales, une approche au niveau local, et une implication des acteurs socio-économiques afin de prendre en compte les éléments liés au climat dans les divers mécanismes de décision, à travers une approche participative. En effet, la plupart des mesures d'adaptation seront mises en œuvre par des personnes et des collectivités, à différents niveaux, plutôt que par une intervention nationale. Cependant, l'intégration des mesures d'adaptation pertinentes dans le processus de développement requiert également la prise de décisions stratégiques à la fois par le gouvernement, les collectivités et les acteurs socio-économiques. Ces mesures d'adaptation sont une composante incontournable d'une véritable politique de développement durable.

Enfin, l'épisode de la canicule nous rappelle que l'adaptation au changement climatique ne doit pas être abordée uniquement sous les angles économique et technique. Les évolutions des modes de vie et de la société entraînent, en effet, celle des mécanismes de la solidarité, et ceci peut être à prendre en considération dans un programme d'adaptation. La tendance générale est sans doute d'un affaiblissement des liens à l'intérieur des familles et des groupes humains, dû notamment aux exigences de mobilité qui conduisent les jeunes générations à trouver du travail en un endroit différent de celui des parents, actifs ou retraités. La transposition à l'éthique personnelle de l'esprit de compétition qui prévaut dans le domaine économique favorise sans doute par ailleurs le développement d'attitudes individualistes. Le progrès des attitudes hédonistes ou simplement la diversité des options éthiques s'accompagnent d'un rôle prépondérant des médias dans l'appel à la solidarité. On observe cependant que, si l'attitude spontanée est souvent marquée d'individualisme, ces appels des médias sont généralement entendus.

La mise en œuvre d'un programme sur l'adaptation devrait comprendre plusieurs étapes, en commençant par l'identification des principales vulnérabilités, qui ne peut être réalisée qu'au moyen d'un dialogue approfondi avec les experts des différents secteurs. Pour le présent, nous aborderons principale-

ment, sans préjuger de leur lien avec le changement climatique, une réflexion sur l'adaptation à des événements du type de l'épisode caniculaire de 2003, des inondations les plus récentes et des tempêtes de 1999. Nous rappelons donc ici les actions engagées par l'ONERC dans le cadre du Plan climat 2004, en vue d'initier la préparation d'une stratégie d'adaptation et, dans le même temps, d'acquérir un savoir-faire dans ce nouveau domaine. Ces actions sont rappelées en annexe 3.

Gestion des situations critiques

S'il n'est évidemment pas possible de se prémunir contre tous les aléas climatiques, il est indispensable en premier lieu d'être en mesure d'informer et de réagir dans le meilleur délai, et donc d'avoir en place des procédures de gestion de situations critiques. Les alertes doivent également s'adresser à des interlocuteurs préparés à réagir en fonction des risques encourus. Face au changement climatique, un certain nombre de chaînes d'alerte méritent d'être réexaminées, comme cela a déjà été fait par exemple entre Météo France et l'InVS. Il s'agit de la procédure de « vigilance »¹ qui, pour les phénomènes météorologiques, permet une gradation dans la mise en place du processus d'alerte, le partage de l'information et de la sensibilisation à une situation qui peut s'avérer critique tant avec les décideurs qu'avec le public, et ainsi, lors de l'alerte, une réaction plus rapide et plus adaptée.

De telles procédures à terme pourraient faire l'objet, au niveau de l'État, de plans d'assurance qualité formels, et de procédures de contrôle de qualité. Ce travail devra être précédé d'un recensement et d'une évaluation des procédures pour la gestion des situations critiques en rapport avec les scénarios climatiques susceptibles de se dérouler, et, si nécessaire, de la création de procédures nouvelles. La mise en place de procédures d'assurance et contrôle qualité sur des procédures de gestion de situations critiques présuppose en effet que celles-ci existent pour toutes les situations critiques envisageables, en rapport avec les scénarios susceptibles de se dérouler.

En complément à la réflexion sur la mise en place de ces processus d'alerte – et éventuellement sur les adaptations à leur apporter en fonction du changement climatique – il importe aussi de poursuivre les travaux de sensibilisation et de communication déjà engagés.

1. Voir par exemple *Le Parisien* du 20 août 2004, qui annonce que 70 % des Français connaissent les cartes de vigilance.

Actions pilotes

Des actions plus ponctuelles et à court terme, ainsi que des actions de réflexion sur l'évolution à long terme des modes de vie sont prévues dans le cadre du Plan climat. Ceci concerne en premier lieu **l'habitat urbain**, qui, de toute évidence, dans la plupart des régions de France, n'a pas été conçu pour affronter les très fortes chaleurs. Le tableau 4 illustre quelques pistes possibles qui permettraient de réduire les dommages dus aux vagues de chaleur.

Tableau 4. Exemples d'actions possibles, autres que le recours à la climatisation, pour la réduction de la température en cas de canicule dans les logements

Action	Mécanisme	Financement	Remarques
Pose de volets extérieurs ou de stores blancs	Protection solaire	Propriétaires	Peut soulever des objections esthétiques
Utiliser la couleur blanche pour les toits et les murs exposés au soleil, éviter les toits en zinc	Réduit l'absorption du rayonnement solaire	Propriétaires	Peut soulever des objections esthétiques ou d'entretien
Isolation renforcée (combles, fenêtres à faible transfert thermique, toits plantés...)	Freine le transfert thermique par conduction	Propriétaires	Difficile à réaliser pour de nombreux immeubles
Systèmes de rafraîchissement	Rafrâichissement par évaporation	À la construction	
Poutres froides	Circulation d'eau froide	À la construction	
Systèmes de surventilation de nuit	Ventilation forcée (plutôt pour les bureaux)	À la construction	
Puits provençal	Apport d'air rafraîchi par le sous-sol	Lors de rénovations	Réservé plutôt aux logements individuels
Ventilateurs	Favorise l'évaporation corporelle	Occupant	
Plantations en bordure de bâtiment	Réduit l'effet de rayonnement sur le bâtiment et humidifie l'atmosphère	Propriétaires, aménageurs ou municipalités	
Gestion des occultations, éclairages et aérations pendant la journée et la nuit	Empêcher la chaleur d'entrer, et favoriser son évacuation	Occupant	Toujours praticable
Conception bioclimatique du bâtiment	Fait appel à l'ensemble des techniques	À la construction, propriétaire ou aménageur	À prévoir à la conception du bâtiment

Ces dispositions peuvent souvent se cumuler. On pourra se référer à Givoni (1998) pour une présentation plus détaillée des avantages et inconvénients des différentes options, pour un habitat habilement protégé et ventilé. Il convient d'ajouter enfin que la manière de gérer les ouvertures et l'ensemble des appareillages peut avoir un effet très important sur la température à l'intérieur du logement, et qu'une bonne information des usagers dans ce domaine peut apporter beaucoup de progrès.

L'expérience acquise dans les DOM-TOM dans ce domaine pourrait être mise à profit. Il est prévu de lancer un programme spécifique d'évaluation de l'existant et des besoins, en relation avec les ministères concernés, et en synergie avec l'exigence par ailleurs de réduire globalement nos consommations d'énergie et nos émissions de gaz à effet de serre.

De nombreux autres domaines, autres que la chaleur à l'intérieur des logements, devront être examinés pour faire ensuite l'objet d'actions spécifiques si nécessaire. Le tableau 5 présente une première synthèse des incidences possibles du changement climatique dans les différents secteurs, avec des exemples de mesures d'adaptation envisageables.

Tableau 5. Principaux domaines de vulnérabilité et d'adaptabilité aux conséquences du changement climatique

Secteur	Incidences possibles	Exemples de mesures d'adaptation
Ressources en eau	<ul style="list-style-type: none"> • Inondations • Contraintes d'approvisionnement en eau, pénuries (irrigation) • Problèmes de qualité de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du territoire, urbanisme • Protection des ressources existantes • Réhabilitation des ressources dégradées • Restrictions d'utilisation • Protection de la qualité (captages, pratiques agricoles, limitation des émissions...)
Écosystèmes terrestres	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'habitats (zones humides...) • Redistribution des espèces, menaces d'extinction • Modification des propriétés du sol • Risques d'incendies de forêts • Accroissement possible de l'érosion des sols 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du territoire, des paysages (corridors...) • Protection des espèces et habitats • Choix des espèces forestières, conduites des travaux forestiers, prévention des incendies
Écosystèmes côtiers et marins	<ul style="list-style-type: none"> • Accentuation de l'érosion, submersion • Salinisation (estuaires et aquifères côtiers) • Accroissement de la fréquence des surcôtes • Eutrophisation • Blanchissement corallien • Déplacement, disparition d'espèces 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du territoire (urbanisation) • Limitation des rejets en mer • Modification des pratiques agricoles (fertilisants, pesticides) • Édification de digues
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Effets variables sur les rendements • Possibilités d'accroissement de la pression des mauvaises herbes et des maladies et ravageurs • Accroissement de la demande en eau estivale pour l'irrigation • Effet des précipitations accrues en automne et en hiver sur l'érosion des sols • Risques de mortalité et de baisse de la fertilité dans les élevages d'animaux en raison de la chaleur estivale 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation des systèmes de culture (choix de variétés, modification des techniques culturales, choix des rotations, etc.) • Mise en œuvre de stratégies d'évitement de la sécheresse • Amélioration des performances des systèmes d'irrigation • Choix de systèmes de production dans le cadre d'une agriculture durable • Migration géographique vers le Nord des cultures traditionnelles et introduction de nouvelles cultures au Sud • Conception et gestion des locaux d'élevage mieux adaptés

Secteur	Incidences possibles	Exemples de mesures d'adaptation
Énergie, industrie	<ul style="list-style-type: none"> • Variations de la demande d'électricité • Approvisionnements en eau, refroidissement des installations de production • Possibilité d'inondation d'installations 	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des méthodes d'exploitation • Conception des installations de production
Bâtiment et infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> • Chaleur estivale excessive dans les bâtiments • Îlots thermiques (villes) • Des étés plus secs augmenteront les risques de mouvements dans les fondations • Violence accrue des vents et des précipitations • Des hivers plus humides pourront provoquer de la condensation et le développement de moisissures 	<ul style="list-style-type: none"> • Normes et pratiques de construction et d'inspection • Amélioration de lieux de vie excessivement sensibles à la chaleur estivale • Aménagement du territoire, urbanisme • Améliorer les systèmes de protection extérieure et de gestion de l'environnement intérieur
Transports	<ul style="list-style-type: none"> • Détérioration de routes ou voies ferrées, et risques accrus de coupures par glissements de terrain par exemple • Engorgement plus fréquent des caniveaux • Interruptions plus fréquentes des transports fluviaux suite aux crues • Confort des transports en commun en été 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise à niveau des infrastructures de transports • Entretien des voies de circulation • Contrôle de la température à l'intérieur des véhicules de transports en commun
Tourisme et loisirs	<ul style="list-style-type: none"> • Un climat plus chaud en été favorise la vie à l'extérieur • Modification des flux touristiques • Incidences sur les espaces verts : croissance plus rapide en général, mais perte de certaines essences en raison d'étés plus chauds et plus secs et d'hivers moins froids 	<ul style="list-style-type: none"> • Développement des loisirs en extérieur • Équipement en canons à neige, diversification des activités pour les stations de sports d'hiver • Évolution des activités proposées localement • Ajuster les calendriers d'entretien des espaces verts, choisir des essences adaptées au nouveau climat
Gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> • Les déchets organiques se décomposeront plus rapidement avec les températures plus élevées de l'été • Des températures plus élevées l'été et des précipitations plus importantes l'hiver pourront affecter la conception et l'exploitation des décharges 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir des collectes plus fréquentes, notamment en été • Surveiller l'état des décharges existantes
Santé et services sociaux	<ul style="list-style-type: none"> • Risques accrus d'événements climatiques extrêmes • Aggravation des conséquences des vagues de chaleur • Développement et propagation de maladies à transmission vectorielle • Augmentation de la pollution atmosphérique photochimique • Risques plus élevés de cancers de la peau et de coups de soleil en raison du développement des loisirs à l'extérieur • Les températures plus élevées accroîtront sans doute les intoxications alimentaires 	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que les procédures d'urgence et les équipements sont suffisants pour faire face à l'augmentation des risques • Plans canicule • Dépistages, traitements Information et sensibilisation du public et des professionnels • Hygiène publique

Quelle démarche à plus long terme ?

Sur le long terme, la protection contre les effets du changement climatique peut conduire à engager des travaux publics très importants qu'il convient de planifier technologiquement et économiquement dès à présent. Une coordination nationale de la réflexion sur la planification des actions d'adaptation permettra d'assurer la cohérence des actions à prendre sur le terrain. Toutefois, une part essentielle de l'action consistera à s'assurer que la question du changement climatique est bien prise en compte dans les différents projets développés au niveau territorial.

C'est dans ce but que l'ONERC a organisé, le 30 septembre 2004, un colloque avec les collectivités territoriales sur le sujet des stratégies d'adaptation (voir encadré n° 9). Ce colloque a souligné l'urgence d'informer les élus dans ce domaine, en complément de la large action d'information des parlementaires européens et nationaux comme des élus locaux menée par l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques à compter de l'été 2002 au moyen de la diffusion d'un double cd-rom sur « les changements climatiques en 2025, 2050 et 2100 ».

Ceci demande d'abord la définition de scénarios de court et long terme, et de méthodologies de quantification des impacts ainsi qu'une analyse globale de leurs incidences sur l'homme et sur la nature. Des scénarios d'évolution du climat pour le présent siècle, fondés sur des scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, seront proposés pour servir de référence pour les décisions relatives aux impacts et à l'adaptation.

De manière plus générale, les principes suivants pourront guider la mise en œuvre d'un programme spécifique d'adaptation :

- conserver les options ouvertes et flexibles pour d'éventuelles mesures supplémentaires dans le futur ;
- éviter de prendre des décisions qui rendraient ultérieurement plus difficile la prise en compte du changement climatique ;
- essayer de trouver des options « sans regrets », présentant des avantages quelle que soit l'étendue du changement climatique, ou à « dividendes multiples », c'est-à-dire intéressantes également dans d'autres domaines.

Il convient en effet de noter, à la suite du second rapport d'évaluation du GIEC, que de nombreux systèmes sont déjà mal adaptés aux conditions climatiques d'aujourd'hui (c'est-à-dire à la variabilité du climat présent), et le sont donc d'autant plus en situation de changement climatique. La canicule de l'été 2003 montre par exemple que l'isolation des bâtiments et des bureaux et la conception du confort d'été intégrée aux bâtiments, sans consommation d'énergie ou avec une dépense énergétique minimisée, sont largement insuffisantes, alors même que les techniques sont connues et largement utilisées dans d'autres pays. Par conséquent, un point de départ consistera dans maintes situations à retenir les options permettant de renforcer la résistance de ces systèmes aux

conditions actuelles, en prenant en compte les scénarios reconnus d'évolution, comme ceux du GIEC évoqués plus haut et déclinés à l'échelle pertinente.

La question du lien entre adaptation et atténuation (au sens de la réduction des émissions de gaz à effet de serre) devra être systématiquement prise en compte. Il conviendra d'éviter que l'encouragement à prendre des mesures sur l'adaptation n'incite à négliger les mesures d'atténuation, en déplaçant la motivation des acteurs économiques, des élus et du grand public. Ainsi, par exemple, le renforcement des infrastructures ou l'adaptation des bâtiments font appel à des produits à contenu élevé en carbone (ciment, acier). La manière de communiquer est essentielle sur ce point. Il est permis d'espérer qu'une société consciente de la nécessité de s'adapter au changement climatique ne choisira pas délibérément, sur le long terme, de laisser celui-ci s'aggraver. Il apparaît clairement qu'aucune mesure d'adaptation ne compenserait l'absence des réductions d'émissions de gaz à effet de serre, qui doivent être conduites dans tous les secteurs : transports, habitat, industrie, agriculture... Comme l'adaptation, l'atténuation doit aussi passer par une régionalisation et une territorialisation des responsabilités et moyens d'action.

Encadré n° 9. Le colloque de l'ONERC « Collectivités locales et changements climatiques : quelles stratégies d'adaptation ? »

L'objectif du colloque du 30 septembre 2004, qui a rassemblé environ 250 participants au palais du Luxembourg, était double : informer les représentants des collectivités territoriales des impacts du changement climatique et de l'adaptation à ces impacts, et recueillir des éléments utiles en vue de la définition d'une stratégie d'adaptation susceptible de se décliner à tous les niveaux de décision, depuis le niveau national jusqu'au niveau local. En effet, le Plan climat 2004, publié le 22 juillet 2004, demande explicitement à l'ONERC de proposer une stratégie dans ce sens. De ce point de vue, le colloque a été très riche d'enseignements, à travers notamment les exposés techniques, les retours d'expérience des élus et la table ronde.

Tout d'abord, ce colloque a contribué à clarifier le distinguo entre atténuation (en anglais, *mitigation*) et adaptation. Les participants étaient pour la plupart déjà familiers de l'atténuation, ayant même parfois contribué à mettre en œuvre des mesures de réduction d'émissions de gaz à effet de serre. L'adaptation était en revanche pour la plupart un concept moins familier, bien que chacun ait déjà été confronté aux caprices du climat actuel. La question est donc de savoir si, en admettant que l'on soit déjà

suffisamment protégé du climat d'aujourd'hui, nous sommes en mesure d'affronter le climat du futur. En effet, quelle que soit l'ampleur des mesures d'atténuation qui pourront être mises en œuvre, nous n'échapperons pas dans les prochaines décennies à une poursuite du changement climatique, à laquelle il faudra s'adapter.

Le climat présent nous donne déjà un avant-goût du climat futur, et les risques à affronter seront le plus souvent dans la continuité des risques actuels. Cependant, on ne peut exclure des risques nouveaux. Les échanges d'expériences, tels qu'ils ont eu lieu durant le colloque, doivent nous aider à mieux anticiper ces nouveaux risques, alors que la connaissance du terrain est indispensable pour apprécier l'évolution des risques déjà connus. Ainsi, un exemple d'adaptation possible, qui a été évoqué, pourrait être d'aménager les normes de la construction pour rendre les bâtiments plus résistants aux événements météorologiques, ou aux inondations. De nombreux autres cas ont été évoqués, et illustrés par des retours d'expérience d'élus, notamment sur les mouvements de terrain, les incendies de forêt et les inondations.

Il ressort clairement de ce colloque que l'objectif final d'une stratégie d'adaptation devrait être d'intégrer la réflexion sur l'adaptation dans les processus de décision concernés par le réchauffement climatique ; c'est ce que les Anglo-Saxons appellent du *mainstreaming*. Il faut s'adresser à tous les niveaux de décision : aux institutions nationales, régionales, départementales, locales, mais aussi au milieu socio-économique (entreprises et autres décideurs). Pour s'approcher de cet objectif, les actions suivantes devront être mises en œuvre :

1. améliorer l'information du public et des décideurs sur l'adaptation ;
2. développer l'implication des décideurs ;
3. mettre les outils nécessaires à la disposition des collectivités et des autres organisations ;
4. développer la recherche relative aux impacts, à l'adaptation et à la vulnérabilité, notamment à travers le programme « Gestion et impacts du changement climatique » (GICC). Pour cela, beaucoup de travail est à faire dans le domaine des sciences sociales et du monde du vivant pour prendre en compte les réactions du système. De même, l'adaptation apporte de nouvelles opportunités de développement de compétences et de technologies ;
5. mettre en place un système de suivi et d'évaluation.

Ce colloque aura également contribué à mieux identifier et apprécier les rôles possibles des principaux acteurs susceptibles d'être impliqués dans les politiques d'adaptation : les collectivités territoriales, le milieu socio-économique, l'État. Notons que les représentants de l'outre-mer ont été très présents, et ont contribué efficacement aux discussions. En effet, l'outre-mer dispose souvent d'un savoir empirique local, qui peut avoir été développé pour un climat ressemblant par certains aspects au climat futur en métropole. La présence outre-mer constitue également un excellent moyen de resserrer les liens avec les pays voisins de ces régions, qui font généralement partie des pays en développement. Il a donc été jugé particulièrement urgent de développer le réseau de correspondants de l'ONERC outre-mer.

Les aspects juridiques, législatifs, réglementaires et normatifs sont essentiels, pour engager des actions concrètes. C'est en effet le moyen de distribuer les responsabilités entre les différents niveaux de décisions.

La recherche et le développement, convenablement orientés, devraient permettre de créer une panoplie de méthodes et de connaissances qui puissent ensuite être utilisées dans des projets concrets d'adaptation. Trois aspects ont notamment été mis en avant :

1. développer la recherche sur ces grands problèmes de société ;
2. mieux connaître les impacts au niveau local ;
3. améliorer les projections du climat du futur.

Il a également été jugé nécessaire de développer des scénarios d'évolution socio-économique à long terme pour les études, incluant notamment l'évolution démographique, afin de mieux cadrer les besoins de la société future. Enfin, une mention particulière a été faite du besoin de développer et valoriser les technologies relatives aux impacts et à l'adaptation, ainsi que de développer les relations entre les collectivités locales et la recherche, qui ont été jugées actuellement insuffisantes.

Il a été abondamment souligné que le succès reposera sur l'information et la communication. Il a été rappelé que l'adaptation devait être perçue comme une démarche responsable et citoyenne. L'ONERC devra cibler ses opérations d'information vers les élus et les médias, en associant la communauté scientifique. La communauté internationale constitue aussi sur le sujet de l'adaptation une source d'inspiration irremplaçable ; il a même été relevé que la coordination internationale est actuellement plus effi-

cace que la coordination nationale. Un accent devra également être mis sur la coopération européenne. Enfin, les problèmes du Sud et notamment de la Méditerranée devront également faire l'objet d'une attention particulière. L'ONERC pourra ainsi tirer profit des enseignements des travaux réalisés à l'étranger pour les utiliser en France, et, en même temps, contribuer à l'avancement des négociations dans le cadre de la convention climat et du développement durable.

Agir localement

Si l'échelon central peut informer, apporter des outils d'analyse, inciter et régler, les niveaux régional et local seront le plus souvent appelés à tenir le rôle principal dans les décisions relatives à l'adaptation au réchauffement climatique. Il s'agit de faire prendre en compte, quand cela est approprié, les éléments du changement climatique dans les décisions de conception et d'exploitation, qu'il s'agisse d'infrastructures, de systèmes techniques, de comportements, de signaux économiques ou d'organisations. Comme nous l'avons rappelé plus haut à propos de l'approche participative, ceci ne peut être fait qu'avec la mobilisation d'experts des domaines considérés, et en concertation avec la population, sous la responsabilité des élus. Il est ainsi nécessaire de parvenir à une articulation entre une politique nationale globale et les mesures spécifiques locales. La question de l'adaptation devra en effet être abordée y compris au niveau le plus local : la viticulture et le tourisme en sont des exemples. Le *Guide pour l'adaptation à l'attention des collectivités locales* réalisé par l'ONERC en 2004, et disponible sur le site internet de l'ONERC, constitue un premier pas vers la sensibilisation des élus à ces questions. Pour autant, si l'on souhaite une action durable, certaines dimensions plus générales, de nature sociale, économique ou technique, devront être appréhendées à l'échelon national.

Une place importante devra être donnée à la discussion sur la nature des informations dont ont besoin les acteurs locaux pour prendre des décisions d'adaptation, et surtout sur le type d'incertitude qu'il est nécessaire de réduire (et jusqu'à quel point) pour que ces décisions soient robustes dans un contexte incertain et conservent une certaine part de flexibilité. Et de manière plus générale, à côté de la question de l'information et de sa qualité, il convient d'insister sur la nature du contexte institutionnel pour inciter les agents à s'adapter (subventions, normes, labels).

Pour faciliter les décisions il pourrait être utile de disposer d'un classement des phénomènes extrêmes, prenant en compte leur probabilité de survenue et les coûts de l'adaptation. Ainsi, quand un événement extrême s'est produit dans le passé, on peut considérer qu'il se reproduira. Pour les événements possibles du

fait des modèles et non encore observés, soit il existe pour s'en protéger des actions sans regrets ou dont les effets positifs peuvent être valorisés (par exemple, avec une économie d'énergie due à une meilleure isolation), soit les actions sont très coûteuses et des compromis sont à rechercher. Lors d'un événement réel, un tel classement pourrait faciliter les décisions sur les mesures à prendre, et améliorer le dialogue avec les médias.

L'information sur l'adaptation au changement climatique devrait à terme aboutir à une prise en compte dans l'ensemble des processus de planification susceptibles d'être impactés par cette évolution. Il s'agit du processus appelé *mainstreaming* en anglais, qui consisterait à faire de ces sujets un des fils conducteurs des différents processus de planification. Le tableau 6 présente quelques uns de ces processus.

Tableau 6. Exemples d'instruments de planification susceptibles de prendre en compte le changement climatique

Sigle	Contenu	Organismes responsables
PLU	Plans locaux d'urbanisme	Municipalités
CER	Contrats État-régions	État, régions
PPR	Plans de prévention des risques	Préfets, communes
Agenda 21	Planification du développement durable	Collectivités territoriales
Chartes de pays	LOADDT*, article 25	Collectivités territoriales
Projets d'agglomérations	LOADDT, ARTICLE 26	Collectivités territoriales

* Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire.

En conclusion, la définition d'un programme d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques devra donc notamment prendre en compte les éléments suivants :

1. retour d'expérience et amélioration des procédures de gestion de crise, incluant les remontées d'information, la hiérarchisation des priorités et la mobilisation des moyens ;
2. diffusion de projections de séries climatiques de référence pour le XXI^e siècle, selon une résolution spatiale aussi fine que possible ;
3. analyse technique et économique des vulnérabilités aux événements extrêmes, en premier lieu pour les systèmes exposés vitaux (système de santé, d'assistance sociale, d'approvisionnement en énergie, de circulation et traitement de données, de transports, environnement...). Ce travail technique ne peut être fait qu'avec les concepteurs et les gestionnaires de ces systèmes ; l'analyse technique et économique des vulnérabilités, devrait être suivie de la mise en place d'une procédure de « riposte » à ces effets, notamment pour les grands opérateurs. C'est d'ailleurs un des objectifs du projet de loi de modernisation de la sécurité civile, en cours d'élaboration ;
4. formation du public aux mesures de protection simples, qui peuvent être prises généralement sans engager de dépenses ou à un coût minime, et généralement apportent d'autres avantages ; il conviendra également de prendre en

compte le rôle prépondérant des médias dans la communication avec les populations en situation de crise et d'encourager une approche participative ;
5. examen et hiérarchisation des actions prioritaires, au niveau local ;
6. mise en œuvre, à travers un programme spécifique d'aide à l'adaptation et de formation des décideurs, dirigé notamment vers les collectivités territoriales.

Il convient de mentionner également la question importante de la gestion prévisionnelle des crises, en tirant profit des expériences accumulées dans d'autres domaines (risques technologiques majeurs, inondations, par exemple).

Le financement de l'adaptation

L'adaptation peut dans certains cas entraîner des surcoûts appréciables par rapport à des projets conçus sans tenir compte du changement climatique, et la question du financement se posera inévitablement. Cette question est déjà abondamment débattue dans le cadre international de la CCNUCC. Le fonds pour l'environnement mondial (FEM) finance un programme pilote sur l'adaptation. Par ailleurs, trois fonds ont été créés, qui permettent de financer les activités d'adaptation aux effets du changement climatique dans les pays en développement. Le fonds d'adaptation résulte de l'article 12 §8 du protocole de Kyoto qui prévoit qu'une part des fonds provenant d'activités certifiées (c'est-à-dire lors de la création de crédits d'émissions dans le cadre du mécanisme de développement propre provenant de projets réalisés dans des pays en développement) soit utilisée pour aider les pays en développement à financer le coût de l'adaptation. Par ailleurs, le fonds spécial pour le changement climatique finance des actions prioritaires d'adaptation dans les PED. Enfin, un fonds spécifique a été créé afin d'aider les pays les moins avancés à s'adapter. Des méthodologies sont donc développées au plan international pour déterminer les financements qui relèveraient effectivement de l'adaptation. Ces méthodologies pourraient être transposées sans difficultés au niveau national. La question du financement, qui au stade actuel n'a pas été examinée au niveau national, constituera donc sans doute un sujet majeur dans les prochaines années.

CHAPITRE V

Conclusions et recommandations

La combinaison et la simultanéité du réchauffement planétaire, des évolutions démographiques, des effets de la mondialisation ouvrent une période de bouleversements sans précédent dans l'histoire de l'humanité dont nous ne mesurons pas encore toute l'ampleur.

L'ONERC a été créé par la loi afin d'informer sur les conséquences du réchauffement climatique, et pour offrir au gouvernement, au Parlement, aux élus et aux collectivités, acteurs du développement, les moyens d'élaboration d'une véritable politique de prévention et d'adaptation.

Le changement climatique est en cours, et nous en constatons déjà un certain nombre de conséquences, qui ne feront que s'amplifier. Cela signifie qu'une politique globale et équilibrée doit forcément aujourd'hui reposer sur deux piliers :

- d'une part, la poursuite des efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'abord atteindre les objectifs du protocole de Kyoto ;
- d'autre part, la mise en œuvre d'une véritable politique d'adaptation pour aider les territoires à affronter dans les meilleures conditions les impacts liés au changement climatique.

Ce premier rapport s'efforce de proposer les grandes lignes d'un cadre général pour la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation à la dérive du climat. Les rapports annuels ultérieurs de l'ONERC traiteront de la question des impacts secteur par secteur ainsi que région par région. Cette méthode est incontournable pour anticiper et non pas subir des changements annoncés et qui, pour bien d'entre eux, sont devenus irréversibles.

En matière d'adaptation au réchauffement climatique, si on excepte les mesures qui ont été prises après la catastrophe de la canicule de l'été 2003, **force est de constater que rien n'existe aujourd'hui.**

Nous abordons donc **un domaine nouveau**, relevant de la gestion des risques, **dont les conséquences**, sociales, économiques, sanitaires et environnementales **sont colossales et porteur d'éléments de déstabilisation de l'économie comme de changements profonds sur les modes de vie des Français.**

L'attentisme aurait un coût autrement plus onéreux que la mobilisation des moyens nécessaires pour répondre à cet enjeu.

Si cette première synthèse dressée par l'ONERC demeure encore partielle sur de nombreux points qu'il n'a pas été matériellement possible d'approfondir, ou pour lesquels les connaissances scientifiques sont encore insuffisantes, elle met cependant en lumière la variété et l'ampleur des conséquences du changement climatique en France, et appelle à la vigilance dans de nombreux domaines. Sans verser dans le catastrophisme, il en ressort qu'il faut se préparer dès maintenant pour éviter autant que possible des surprises tragiques comme celle de la canicule. Sans attendre les résultats de travaux plus systématiques, il est, dès à présent, possible de proposer les conclusions et recommandations qui suivent.

1. À la veille des modifications considérables que provoquera le changement climatique, et en raison même des incertitudes qui demeurent dans de nombreux domaines, il est nécessaire de parfaire le système d'évaluation, de suivi et de prévision des impacts du changement climatique. La définition et la tenue à jour systématique d'indicateurs spécifiques permettront un suivi plus précis ; ceci devra être complété par des recherches et des études sur les points identifiés comme prioritaires, en liaison étroite entre les différents programmes scientifiques existants. On incitera notamment l'implication des sciences humaines dans la recherche sur le changement climatique.

2. Des progrès importants restent à faire dans l'évaluation systématique des dommages associés aux événements extrêmes, en fonction des aléas, des enjeux locaux et de la vulnérabilité. Ce point est également mis en avant par le délégué aux risques majeurs (2003). Ceci implique donc le développement de travaux d'évaluation économique, à différents niveaux d'intégration.

3. Il est clair désormais que de nombreux effets du réchauffement climatique sont maintenant inévitables. La question n'est donc plus de savoir s'il faut s'adapter, mais quand et comment. Le besoin d'une panoplie d'outils à l'usage des décideurs à tous les niveaux est identifié ; ces outils comporteront notamment des scénarios climatiques régionaux de référence, mais devraient également prendre en compte le fait que nos sociétés évolueront beaucoup au cours de la durée de vie des actions d'adaptation. Le besoin d'anticipation doit être rappelé : par exemple, le remplacement des bâtiments se faisant souvent au bout de cent cinquante ans, l'adaptation de l'habitat demande de prévoir les besoins plusieurs décennies à l'avance, si l'on veut éviter de subir des coûts importants de mise à niveau de bâtiments pourtant récents. Le changement climatique doit donc être pris en compte dès aujourd'hui dans la conception des bâtiments.

4. L'analyse de la vulnérabilité devra être effectuée dans tous les domaines. L'ONERC se propose notamment d'établir à terme une cartographie de la vulnérabilité, afin de contribuer à la diffusion de l'information sur ce sujet. La canicule de l'été 2003 a mis en évidence le fait que certains systèmes, souvent par ailleurs très sophistiqués, et précisément pour cette raison, sont extrêmement sensibles aux variations du climat ainsi qu'aux événements extrêmes dès que certains seuils sont franchis. Il convient donc d'inclure également ces systèmes dans l'évaluation systématique de la vulnérabilité.

5. L'adaptation devra être abordée de manière très pratique, à travers des projets de démonstration concrets, même s'ils sont de taille modeste, afin de développer la réflexion, les réflexes et les mécanismes pour sa prise en compte. Une implication des collectivités territoriales est indispensable, car c'est à ce niveau que la vulnérabilité peut être le plus concrètement évaluée, et que se feront sentir les effets du changement climatique. L'action auprès des collectivités locales constituera donc une priorité pour l'ONERC, une fois la constitution et le fonctionnement du réseau relatif aux impacts assurés ; cette action devra être coordonnée avec l'action sur l'atténuation, pour une bonne lisibilité

de l'action par les collectivités. Ces actions seront entreprises d'abord en partenariat avec des collectivités motivées par le sujet, en faisant largement appel à l'initiative dans le cadre d'une approche participative ; des partenariats seront recherchés dans ce but avec les principales associations d'élus, comme l'association des régions de France (ARF), l'association des maires de France (AMF), l'association des départements de France (ADF)... Des actions de formation devront également être engagées à l'attention des collectivités territoriales et des décideurs à tous les niveaux. Cette action sur l'adaptation devra être coordonnée avec l'action sur l'atténuation, pour exploiter les synergies possibles et pour une bonne lisibilité de l'action par les collectivités.

6. Le changement climatique doit être pris en compte dans les modes de régulation publique. Cette donnée doit être intégrée dans les décisions à tous les niveaux et dans tous les secteurs. Ce domaine par nature transversale concerne l'ensemble des ministères. L'ONERC recommande que se développe en chacun d'eux une expertise et les ressources sur cette question. À terme, il conviendra d'inclure systématiquement, dans chaque démarche de planification ou de décision, une réflexion sur la nécessité de tenir compte ou non des impacts du changement climatique, afin d'intégrer les mesures d'adaptation qui seront jugées pertinentes. Outre les analyses relatives aux risques, la démarche devra comprendre des évaluations économiques, dans le souci de bien employer l'argent public.

7. À l'instar de l'École nationale des ponts et chaussées la formation et la sensibilisation à ces questions devront être généralisées dans les grandes écoles, les enseignements universitaires et techniques. Cela supposera le concours du ministère de l'Éducation nationale pour l'élaboration d'une proposition. C'est là un aspect essentiel car les étudiants d'aujourd'hui sont pour bien d'entre eux les futurs responsables dans l'ensemble des grands corps de l'État et des grandes entreprises.

8. Nombre de pays développés, notamment européens, préparent ou ont déjà adopté une stratégie sur l'adaptation. Il est clair par ailleurs que la multiplication des catastrophes naturelles risque d'être un facteur aggravant des inégalités entre le monde développé et les pays pauvres. Si nous ne voulons pas que s'ajoute une nouvelle fracture entre le Nord et le Sud, il importe d'intégrer cette dimension nouvelle dans les programmes d'aide et de développement à l'égard de ces pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique particulièrement vulnérables et exposés. Il est donc souhaitable de renforcer les échanges d'informations et la coopération à l'international, notamment avec les pays européens et les pays en développement. C'est également un aspect important pour les îles de l'outre-mer qui, au même titre que les petits États insulaires, seront concernés par une aggravation de la fréquence et de la violence des cyclones tropicaux ainsi que par l'élévation du niveau de l'océan. L'ONERC constate que la France n'est pas membre de l'AOSIS (Alliance des petits États insulaires). L'ONERC renouvelle le souhait, à la suite du sommet des petits États insulaires

de Maurice, que la France sollicite un statut d'observateur au sein de cette instance internationale.

9. L'ensemble de ces actions devra être pris en compte dans la stratégie nationale d'adaptation que l'ONERC doit définir dans le cadre du plan climat 2004. Dès à présent, au vu de ces conclusions, le président de l'ONERC suggère au gouvernement de réfléchir à la mise en place d'un fonds spécifique pour financer les actions d'adaptation au changement climatique en France. Afin d'avancer plus rapidement, on tiendra compte des expériences des autres pays, notamment européens, dans l'ensemble de la réflexion sur les impacts et l'adaptation, et, au-delà des échanges d'informations, on s'efforcera de mettre en place des programmes de coopération dans ces domaines.