



# Partager la connaissance et ouvrir le dialogue : le changement climatique

**Groupe de réflexion  
Académies et Conseil économique et social**

24 janvier 2006

Découvrez le [site sur le changement climatique](http://www.changement-climatique.fr)  
<http://www.changement-climatique.fr>  
et participez au débat sur le [Blog](http://www.changement-climatique.fr/blog-acces)  
<http://www.changement-climatique.fr/blog-acces>

Par l'importance de ses conséquences, le changement climatique préoccupe chaque jour davantage l'opinion publique car il implique tous les aspects de la vie humaine. Comment, en effet, concilier la résolution de questions critiques qui portent atteinte à l'environnement, la croissance équitablement répartie, le progrès social ? Il s'agit-là d'un redoutable défi posé à la communauté internationale et qui interroge chacun d'entre nous.

Au-delà des incertitudes, le document, qui n'engage que ses auteurs, se propose de susciter le débat le plus large possible entre les scientifiques et les citoyens.

***Liste des membres du Groupe de réflexion :***

M. Jacques Dermagne, Président du Conseil économique et social,

M. Philippe Rouvillois, Président du groupe de réflexion,

M. Marcel Boiteux, membre de l'Académie des sciences morales et politiques,

M. François Guinot, Président de l'Académie des technologies,

M. Raphaël Hadas Lebel, ancien Président de la section sociale du Conseil d'état,

M. Jean-Claude Lehmann, membre de l'Académie des technologies

M. Jacques Lesourne, membre de l'Académie des technologies,

M. Bernard Roques, membre de l'Académie des sciences,

M. Bernard Tissot, membre de l'Académie des sciences,

Mme Catherine Ponsot Jacquin, expert de M. Tissot,

Mme Lysiane Huvé-TeXier, secrétaire général de l'Académie des sciences

Mme Hélène Gouinguenet, secrétaire général de l'enseignement supérieur,

M. Jean-Paul Bailly, membre du conseil économique et social,

M. Hubert Bouchet, membre du conseil économique et social,

M. Alain-Gérard Slama, membre du conseil économique et social,

M. Christian Dors, secrétaire général du Conseil économique et social

M. Alexandre Gohier del Re, directeur des services de la communication et de la presse au Conseil économique et social,

M. Pierre Mondon, administrateur au Conseil économique et social,

M. Philippe de Ratuld, administrateur au Conseil économique et social,

M. Thierry Aumonier, Président-Directeur général de REGARDS international.

# Sommaire

<b>I - LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES CONSÉQUENCES PHYSIQUES.....</b>	<b>6</b>
A - LE RÉCHAUFFEMENT.....	6
1. L'observation du système climatique.....	6
2. Les causes du réchauffement.....	8
3. Les scénarios pour les prochains siècles.....	8
4. Progrès et incertitudes dans le domaine de la modélisation.....	9
B - LES CONSÉQUENCES PHYSIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT.....	10
<b>II - LES CONSÉQUENCES SUR LES ACTIVITÉS HUMAINES ET LES ADAPTATIONS NÉCESSAIRES.....</b>	<b>12</b>
A - LA PRODUCTION/CONSOMMATION D'ÉNERGIE, PRINCIPALE SOURCE DES GAZ À EFFET DE SERRE.....	14
Les ressources en combustibles fossiles.....	14
L'énergie nucléaire de fission.....	15
L'énergie solaire.....	16
L'énergie éolienne.....	16
L'énergie des mers.....	17
La biomasse.....	17
L'hydrogène.....	17
B - AUTRES DOMAINES PROBABLEMENT AFFECTÉS PAR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	18
1. L'eau.....	18
2. L'agriculture, l'élevage et la pêche.....	19
3. L'aménagement du territoire.....	20
4. L'industrie.....	20
5. L'habitat et les transports.....	21
6. L'importance économique et financière des catastrophes naturelles.....	22
C - RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET SANTÉ HUMAINE.....	23
1. Les influences directes.....	23
2. Les influences indirectes : changements climatiques et maladies infectieuses.....	25
3. Les autres maladies.....	26
4. Variations climatiques et allergies.....	27
<b>III - VERS DE VÉRITABLES CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS ?.....</b>	<b>28</b>



## INTRODUCTION

La question du changement climatique s'est installée durablement au premier plan de l'actualité et des préoccupations des opinions publiques. Longtemps confinée aux milieux scientifiques et aux groupes écologiques, elle a émergé depuis quelques années au niveau gouvernemental – avec notamment la signature du Protocole de Kyoto.

Mais ce sont surtout les dérèglements météorologiques récents (canicules à répétition, cyclones dévastateurs...) qui en ont fait, depuis peu, un sujet d'actualité quasi-permanent, bien que leurs liens avec le changement climatique ne soient pas, à ce jour, établis de façon certaine. Parallèlement, les progrès de la connaissance scientifique ont transformé peu à peu ce qui était au départ une simple hypothèse — un réchauffement climatique causé par l'homme — en une **quasi-certitude**, même si beaucoup d'inconnues subsistent encore quant à l'ampleur exacte et au rythme du phénomène.

Par son actualité, par les incertitudes mêmes qui l'entourent encore, par l'ampleur et la diversité des conséquences possibles pour l'humanité, ce sujet paraît donc constituer un thème tout à fait pertinent pour nourrir un dialogue renouvelé entre la communauté scientifique et les citoyens.

Ces derniers ont le souhait et sont en droit d'être pleinement informés de ce que la science sait et de ce qu'elle ne sait pas (ou pas encore) du phénomène, des conséquences qu'il est susceptible d'entraîner sur les activités humaines, ainsi que des voies, pour partie encore hypothétiques aujourd'hui, qui permettent d'en limiter les effets ou de s'y adapter.

Ce dernier aspect est d'ailleurs capital. Rien ne serait pire que de tomber dans une vision apocalyptique des choses. Tout au long de leur histoire, les hommes ont fait la

preuve de leur exceptionnelle capacité d'adaptation à des situations nouvelles. Sans aucun doute, l'humanité est-elle confrontée à un nouveau défi, d'une ampleur inhabituelle et avec des échéances de temps qui, à l'aune des évolutions nécessaires, peuvent sembler extrêmement courtes. Cependant, débattre du sujet, n'est-ce pas déjà se préparer à relever le défi ?

Le défi est international. En effet, les émissions des gaz à effet de serre, objet du protocole de Kyoto, notamment les émissions du plus important d'entre eux, le CO<sub>2</sub>, intéressent l'ensemble de la planète.

Il revient donc à la communauté internationale de décider des moyens permettant de réduire ces émissions. Tel est l'objet des conférences internationales successives initiées par le sommet de Rio.

Au-delà de cette dimension mondiale qui fait, du reste, toujours débat, les mesures à mettre en œuvre relèvent pour une bonne part du niveau national ou « continental ». L'Europe, à cet égard, est bien consciente de sa responsabilité propre.

Le présent document, à l'usage des membres du Conseil économique et social, n'a d'autre ambition que de présenter, de façon succincte et naturellement très imparfaite, l'état des connaissances sur le changement climatique et ses conséquences possibles sur le fonctionnement des grands écosystèmes terrestres, avant d'aborder plus directement les effets induits possibles sur l'homme et sur les activités humaines ainsi que les quelques réponses qu'il est d'ores et déjà possible d'y apporter.

Il apparaîtra de cette analyse que, plus on descend la chaîne de causalité, plus la part des hypothèses et des questionnements, et donc l'éventail des incertitudes, augmentent. Ces interrogations ont, en elles-mêmes, une valeur d'enseignement puisqu'elles soulignent l'urgence d'un approfondissement, tant de la connaissance scientifique que des enjeux pour nos sociétés, à échéance des quelques décennies qui viennent.

On soulignera enfin que, si ce bref document essaie de faire le point objectif des connaissances actuelles, son but n'est pas de défendre une thèse, mais de provoquer, notamment sur les nombreuses questions encore en débat, l'ouverture d'une libre discussion entre scientifiques et citoyens.



# **I - LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES CONSÉQUENCES PHYSIQUES**

Il y a plus d'un siècle que des scientifiques ont pensé que les émissions de gaz à effet de serre pourraient perturber le climat. Cependant, l'importance du problème n'a été reconnue par les organisations internationales que vers 1980, et c'est en 1988 qu'a été créé le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC en anglais).

## **A - LE RÉCHAUFFEMENT**

### **1. L'observation du système climatique**

Au cours du vingtième siècle, la température moyenne au niveau du sol terrestre a augmenté de  $0,6 \pm 0,2$  °C. L'essentiel du réchauffement s'est produit depuis 1976. La décennie 1990-1999 a été la plus chaude du vingtième siècle et 1998 l'année où les températures ont été les plus élevées depuis que des relevés météorologiques sont effectués. Les dix années les plus chaudes se situent toutes entre 1990 et 2005.

L'étude des données historiques et des indicateurs paléoclimatiques a montré le caractère exceptionnel de la fin du vingtième siècle. L'amplitude du réchauffement récent dépasse celle des oscillations décennales ou séculaires, et les températures actuelles excèdent celles de l'optimum médiéval, lequel a représenté la période la plus chaude des mille dernières années de l'ère préindustrielle.

Le changement climatique des dernières décennies se caractérise, avec un degré estimé de fiabilité supérieur à 90 %, par :

- une augmentation des températures de l'air affectant les huit premiers kilomètres de la basse atmosphère ;
- une diminution de la fréquence des froids extrêmes et une augmentation des vagues de chaleur ;
- une influence directe de la diminution de la couche d'ozone de la stratosphère<sup>1</sup> ;

---

<sup>1</sup> Le protocole de Kyoto n'aborde pas les effets des gaz sur la couche d'ozone, de cette couche qui se situe dans la stratosphère – entre 16 et 50 km du sol - de composés chlorés et bromés de longue durée de vie comme les CFC (chlorofluorocarbones). Le changement climatique et l'appauvrissement de la couche d'ozone scientifiques séparées et d'accords internationaux distincts. Ainsi le protocole prévoit l'élimination des substances destructrices de la couche d'ozone.

- une amplification du phénomène El Niño, responsable d'un renforcement des pluies et des sécheresses dans diverses régions des tropiques ;
- une réduction de l'extension de la couverture neigeuse et de la durée de gel des lacs et des rivières ;



- le recul des glaciers de montagne ;
- une réduction de l'étendue de la glace de mer (banquise) au printemps et en été dans l'hémisphère Nord. Cette diminution est estimée à 40 % de son épaisseur ;
- une élévation du niveau de la mer de 10 à 20 cm au cours du XXe siècle ;
- une augmentation des précipitations pendant tout le vingtième siècle dans les hautes et moyennes latitudes de l'hémisphère nord. Les précipitations semblent inchangées sur les continents de l'hémisphère sud. Les données en domaine océanique sont insuffisantes pour établir un bilan ;
- un accroissement de la proportion et de la fréquence des cyclones tropicaux de niveau 4 et 5 (les plus élevés de l'échelle de Saffir-Simpson) observé dans le golfe du Mexique et aux Etats-Unis.

Cependant, certaines régions du globe ne présentent aucun signe de réchauffement (Antarctique, quelques zones polluées de l'hémisphère nord). Ceci n'est en soi pas surprenant : l'étude du dernier maximum glaciaire a mis en évidence des zones de réchauffement alors que le climat de la planète était en moyenne 5 à 6°C plus froid qu'aujourd'hui.

## **2. Les causes du réchauffement**

Les causes des variations du climat de la Terre sont multiples.

Certaines sont naturelles : variations de l'insolation dues à la perturbation de l'orbite que la Terre décrit autour du soleil, changements du flux d'énergie solaire, injections de poussières volcaniques dans la stratosphère mais aussi, sur le long terme, changements de la circulation globale de l'océan ou développement d'instabilités des calottes glaciaires.

D'autres sont liées aux activités humaines. Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère. On observe un accroissement sensible des concentrations atmosphériques en gaz carbonique, en méthane et en oxyde nitreux ; le taux de CO<sub>2</sub> est passé de 280 ppm à près de 380 ppm<sup>1</sup>. Ces variations dépassent largement celles observées au cours des 400 000 dernières années, lorsque les cycles biogéochimiques ne subissaient que des variations naturelles.

Le bilan énergétique net de la perturbation due aux activités humaines est complexe. Les gaz à effet de serre provoquent un chauffage additionnel de 2,65 W/m<sup>2</sup>. Les aérosols perturbent la couverture nuageuse, mais le bilan de leurs effets reste toujours très mal connu. Il n'en est pas moins assuré que l'effet de serre prédomine et une analyse statistique effectuée en 2001 par le GIEC attribue aux activités humaines l'essentiel du changement climatique de la seconde moitié du vingtième siècle.

## **3. Les scénarios pour les prochains siècles**

Les activités humaines vont perturber la composition chimique de l'atmosphère pendant plusieurs siècles en raison d'une part du recours aux combustibles fossiles qui semble indispensable, au moins pendant plusieurs décennies encore et, d'autre part, de la lenteur de l'absorption du CO<sub>2</sub> par l'océan. Divers scénarios sont considérés par les groupes de travail du GIEC. Ils dépendent des hypothèses faites sur la croissance de la population mondiale et des politiques énergétiques mises en œuvre, ce qui explique leur grande variété.

Le changement climatique résultant est simulé. Les modèles actuels prennent assez bien en compte les processus physiques, mais encore très mal les rétroactions avec la cryosphère (banquise et calottes glaciaires), la biosphère et les cycles biogéochimiques.

La gamme des augmentations de la température de l'air et du niveau de la mer au cours du vingt-et-unième siècle est large. Le réchauffement estimé est compris entre 1,4 °C et 6 °C et la montée du niveau de la mer entre 20 cm et 90 cm. Il est très vraisemblable (probabilité > 90 %) qu'il y aura davantage de vagues de chaleur, une réduction de la

saison froide avec moins de jours de grand froid, une diminution de l'amplitude des températures diurnes sur les continents et davantage d'occurrences de pluies intenses dans certaines régions, de sécheresse dans d'autres.

Le changement climatique induit par les activités humaines persistera pendant longtemps et aura des conséquences à très long terme. Même si on arrive à une stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre, la température de l'air au niveau du sol continuera d'augmenter pendant plusieurs décennies, jusqu'à ce que l'océan et l'atmosphère aient atteint un nouvel état d'équilibre thermique.

Le niveau de la mer montera ainsi pendant plusieurs siècles. Les calottes glaciaires polaires réagiront également, avec de longues constantes de temps. La stabilité de la calotte Antarctique de l'Ouest et l'évolution du Groenland, où l'on observe déjà une perturbation du bilan d'accumulation de la glace, sont des sources de préoccupation. Maintenu pendant plusieurs millénaires, un réchauffement supérieur à 3° C pourrait entraîner la disparition totale de ces calottes glaciaires et entraîner une forte montée des eaux. Les activités humaines auraient alors provoqué un bouleversement climatique d'ampleur géologique.

#### **4. Progrès et incertitudes dans le domaine de la modélisation**

Les modèles climatiques visent à intégrer les connaissances acquises sur l'océan, l'atmosphère, la cryosphère (banquise et calottes glaciaires), la surface des continents et la biosphère, afin d'en étudier le comportement global. Le problème est complexe, puisqu'il ne suffit pas de comprendre comment chacune des composantes prises séparément réagit à une perturbation, mais aussi les interactions entre elles, pour déterminer l'évolution de l'ensemble. Le réalisme de la simulation de situations climatiques bien « documentées » est un résultat encourageant.

Des progrès significatifs ont été réalisés dans le domaine de la physique du climat. Le passage à l'échelle régionale, c'est-à-dire l'obtention d'un « maillage » géographique fin des simulations, est également un domaine de recherche déjà en développement, mais il implique un renforcement considérable des capacités de calcul. Un effort majeur reste à accomplir pour comprendre et représenter le couplage entre les variations climatiques de la cryosphère, de la biosphère et des cycles biogéochimiques. Ces études n'en sont qu'à leur tout début et elles font déjà apparaître l'existence de rétroactions fortes qui doivent faire l'objet de recherches approfondies<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> On peut citer à titre d'exemple le fait que la disparition de la banquise s'accompagnera d'un réchauffement local, que l'augmentation de la température du sol due au réchauffement global favorisera l'activité bactérienne productrice de CO<sub>2</sub> de sorte que les forêts prélèveront globalement moins de CO<sub>2</sub> qu'aujourd'hui, ce qui amplifiera l'effet des activités humaines.

## **B - LES CONSÉQUENCES PHYSIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT**

Dans des proportions encore incertaines, le réchauffement climatique et ses variations régionales vont avoir un certain nombre de conséquences physiques sur l'environnement. Plusieurs de ces conséquences concernent le cycle des eaux, océans, glaciers, nuages et pluies.

Comme nous l'avons déjà mentionné, une des principales résultantes potentielles du réchauffement climatique réside dans la fonte de la banquise arctique éventuellement suivie de celle de certaines calottes glaciaires (Groenland, Antarctique Ouest). Cette fonte des calottes pourrait induire une élévation maximum du niveau des mers de l'ordre de 6 à 7 mètres chacune. Cette élévation menacerait, en bien des régions, le littoral. Si on pense généralement aux risques encourus par les deltas et les îles dont l'altitude ne dépasse souvent guère quelques mètres, d'autres zones côtières se présentent sous la forme de plaines basses, avec des habitations et des cultures au-dessous du niveau de la mer, comme les polders hollandais, par exemple.

L'élévation de la température des océans et la fonte des calottes glaciaires modifieraient la physique des océans ; les apports d'eaux douces peuvent par exemple bloquer la circulation des courants marins. Si le Gulf Stream lequel, en longeant nos côtes européennes, tempère notre climat par rapport à celui des côtes atlantiques canadiennes aux mêmes latitudes, s'amointrit ou se déplace, la conséquence directe serait un refroidissement hivernal marqué de l'Europe de l'Ouest.

On peut s'attendre aussi à un bouleversement de la physique de l'atmosphère et tout particulièrement de la basse atmosphère. Il est probable que les contrastes de pressions augmentent - d'une manière insuffisamment élucidée et sur laquelle de nombreuses incertitudes demeurent - entraînant tempêtes et cyclones. Les zones traditionnelles de hautes et basses pressions que nous connaissons aujourd'hui, comme l'anticyclone des Açores, pourraient évoluer, voire migrer, ce qui aurait une influence directe sur la météorologie des diverses saisons.

Les modifications possibles en matière de précipitations de pluie et de neige peuvent également avoir des conséquences sur le régime des cours d'eau, avec des crues plus marquées dans certaines régions et des périodes de sécheresse dans d'autres.

De façon générale, la fréquence des « accidents climatiques » risque de s'accroître. Le problème des rétroactions est très complexe : le résultat d'un accroissement de la température sur un milieu (l'océan, les glaces arctiques) peut entraîner, en retour, des conséquences sur l'effet étudié lui-même. Par exemple, la fonte de la banquise aboutit à remplacer un milieu très réfléchissant, - la glace, qui renvoie les rayons et la chaleur

solaire -, par un milieu qui absorbe plus et renvoie moins d'énergie, l'océan contribuant également à accroître ainsi la température. De même, l'élévation de température des océans, qui contiennent divers gaz à l'état dissous – y compris du gaz carbonique et du méthane, tous deux à effet de serre – entraîne le relâchement de ces gaz et une évaporation accrue de l'eau, tous phénomènes qui contribuent, à leur tour, à élever la température par un effet de serre additionnel.

Un autre exemple de rétroactions pourrait être trouvé dans l'augmentation de l'émission du méthane actuellement piégé dans le permafrost aux hautes latitudes, ce qui renforcerait, là encore, l'effet de serre. On a ainsi l'impression que, même si toutes les données du problème ne sont pas acquises, les rétroactions en réponse à un réchauffement se traduisent globalement par un renforcement du phénomène. Un chimiste parlerait de « réaction autocatalytique » ; un mathématicien ajouterait que le phénomène est « non linéaire » : car ce comportement est marqué par l'absence de proportionnalité entre la cause et l'effet ; il ouvre ainsi la possibilité de variations de grandes amplitudes en quelques décennies, après des siècles de variations faibles<sup>3</sup>.



---

<sup>3</sup> Ces trois paragraphes sur les rétroactions sont extraits du livre « Halte au changement climatique ! » de Bernard Tissot, Odile Jacob, 2003.



## **II - LES CONSÉQUENCES SUR LES ACTIVITÉS HUMAINES ET LES ADAPTATIONS NÉCESSAIRES**

Avant d'énumérer quelques-unes de ces conséquences, plusieurs remarques préalables sont indispensables.

- Les différents modèles climatiques donnent des résultats assez variables quant à l'ampleur de l'augmentation de température moyenne. Les capacités de calcul actuelles sont insuffisantes pour pouvoir fournir des valeurs précises pour des régions limitées.
- Les conséquences du réchauffement climatique ne seront pas les mêmes dans tous les pays et, bien qu'il s'agisse d'un phénomène mondial, il faut donc s'attendre à des désaccords entre États au sujet de la nature et de l'urgence des mesures à prendre.
- L'incertitude est grande quant au déroulement dans le temps des conséquences du phénomène. Il convient, en particulier, de distinguer les scénarios où la raréfaction et la pénurie de pétrole surviennent avant l'arrivée de bouleversements climatiques majeurs, (ce qui favorise, à effet égal, pour compenser la baisse de cette production d'hydrocarbures, un développement au moins transitoire de la production charbonnière) et ceux où elles interviennent après.
- Les quelques études disponibles semblent montrer que les conséquences sont moindres si l'on tient compte de l'adaptation des sociétés humaines que si l'on raisonne en négligeant ce facteur. Cette adaptation se fera notamment sous l'influence des variations de prix qui ne manqueront pas de se produire.

- La logique suggèrerait donc de comparer deux types de scénarios d'évolution : l'un ne tenant compte que du changement climatique, l'autre prenant en compte simultanément changement climatique et adaptation des sociétés humaines.
- A titre d'éléments essentiels de contexte, les analyses prospectives sur les cinquante prochaines années retiennent généralement - avec une marge d'erreurs potentielles considérable - les hypothèses suivantes :
  - le passage de la population mondiale de 6 à 9 milliards de personnes environ ;
  - une croissance économique soutenue de l'Asie orientale et de l'Asie du sud, et une augmentation significative de leur part dans la production mondiale (c'est dans ces zones que devrait augmenter le plus la consommation d'énergie primaire) ; une croissance modérée dans le reste de l'ancien Tiers-monde, l'Afrique au sud du Sahara restant la zone la plus défavorisée ; une croissance plus faible en Amérique du nord et surtout en Europe. Le quart le plus défavorisé de l'humanité conserverait des revenus très faibles, même en parité de pouvoir d'achat.

Sans prétendre à l'exhaustivité, on évoquera, successivement, les incidences du réchauffement climatique :

- sur les modes de production et de consommation d'énergie ;
- sur divers aspects de l'activité humaine : politique de l'eau, agriculture et pêche, aménagement du territoire, activités industrielles, habitat et transports, prévention et couverture des risques
- sur la santé humaine . : diversité des risques et incertitudes sur leur mesure ;

## **A - LA PRODUCTION/CONSOMMATION D'ÉNERGIE, PRINCIPALE SOURCE DES GAZ À EFFET DE SERRE**

Le domaine dans lequel la nécessité et l'ampleur des modifications nécessaires sont le mieux étudiées est sans nul doute celui de l'énergie. Dans ce domaine, il s'agit d'ailleurs de s'adapter pour limiter le phénomène du réchauffement (à travers les émissions de gaz à effet de serre) plus que de s'adapter au réchauffement lui-même.

Les combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon), représentent près de 90 % des énergies primaires commercialisées aujourd'hui et sont la principale source de gaz à effet de serre. La demande énergétique mondiale va fortement augmenter avec la croissance de pays très peuplés comme l'Inde et la Chine. De plus, ces combustibles fossiles seront très vraisemblablement épuisés avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, réserve faite du charbon. Une évolution énergétique considérable est, là encore, inévitable au cours du siècle. Selon la façon de gérer cette double crise, les interférences entre les deux problèmes peuvent être positives (double incitation aux économies d'énergie) mais aussi négatives : l'utilisation massive de charbon (le plus polluant des hydrocarbures en matière d'émission de CO<sub>2</sub>) pour produire de l'électricité ou synthétiser des substituts des carburants pétroliers accroîtrait fortement les émissions de CO<sub>2</sub>.

Avec un taux de croissance annuel de 2 % de la demande énergétique mondiale, à structure identique, la consommation actuelle de 10 Gtep<sup>4</sup> passerait à environ 20 Gtep/an en 2050 et peut-être à plus de 40 Gtep/an en fin de siècle.

### **Les ressources en combustibles fossiles**

Les réserves prouvées à ce jour sont de 160 Gtep pour le pétrole et 150 Gtep pour le gaz. L'épuisement des réserves prouvées, dans le cas d'un scénario business as usual, interviendrait avant 2050 pour le pétrole et vers 2050 pour le gaz. Malgré toutes les optimisations en matière de récupération dans les gisements classiques, comme d'exploitation des pétroles non conventionnels (tels les pétroles lourds et bitumes du Venezuela et du Canada), l'épuisement des ressources ultimes, pétrole et gaz confondus, interviendrait avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. On peut en conséquence s'attendre à des prix élevés du pétrole et du gaz, ainsi qu'à une grande instabilité de ces prix dès les prochaines décennies.

---

<sup>4</sup> Gtep : milliard de tonnes équivalent pétrole. La Tep est l'unité de base courante dans le domaine de l'énergie. A titre informatif une Tep est égale à 7,33 barils (1 baril étant égal à 159 litres de pétrole).

Le charbon constitue aujourd'hui dans le monde la principale ressource en énergie fossile (réserves pour plus d'un siècle et demi). Sa production est en augmentation régulière depuis trente ans ; la Chine et l'Inde, en forte croissance économique, l'exploitent largement. Sa disponibilité et son coût modéré pourraient en faire un relais temporaire des hydrocarbures, mais son exploitation entraîne de lourds problèmes d'environnement. En effet, la consommation annuelle actuelle de 4,5 Gtep de charbon produit dans l'atmosphère 16,5 Gtep de CO<sub>2</sub> gazeux associés à de nombreux polluants comme les cendres volantes (toxiques), les oxydes de soufre et d'azote (acidification des sols, etc.).

Les recherches technologiques sont actives pour améliorer les rendements des centrales thermiques à charbon et essayer de faire du charbon une filière propre, mais un long chemin reste à parcourir et la capture et le stockage du CO<sub>2</sub> sont incontournables pour cette filière. Une lourde difficulté à cet égard réside dans les quantités de CO<sub>2</sub> à stocker pendant des siècles, voire un millénaire.

## **L'énergie nucléaire de fission**

L'énergie nucléaire de fission fournit aujourd'hui 16,6 % de l'électricité mondiale mais sa contribution est très inégale selon les pays : de quelques pourcents à 77 % en France. Elle contribue seulement à 6,8 % de l'énergie primaire dans le monde car elle ne débouche actuellement que sur la production d'électricité.

Elle présente certains inconvénients qui freinent son utilisation, comme son coût de construction et de maintenance, la production de plutonium et de déchets qu'elle entraîne et dont la gestion pose des problèmes scientifiques, techniques et de société, sans parler des risques d'utilisation de l'uranium à des fins militaires.

L'énergie nucléaire offre aussi des avantages indéniables : elle ne produit pas de CO<sub>2</sub>, le coût total du kWh est faible, la technologie est éprouvée, c'est une énergie peu soumise à la géopolitique et, enfin, elle est capable de répondre à la demande concentrée d'électricité pour les mégapoles de plusieurs millions d'habitants.

L'énergie nucléaire de fusion résulte de la collision de deux noyaux d'atomes légers (deutérium et tritium), suivie d'une réaction nucléaire avec formation d'un noyau plus lourd (4He) et diminution de la masse totale du système ; celle-ci se retrouve en énergie cinétique des produits de la réaction.

La recherche devra encore se poursuivre sur plusieurs décennies, notamment à travers le programme ITER, avant d'envisager une contribution effective de l'énergie de fusion à la couverture des besoins énergétiques.

## **L'énergie solaire**

Dans les zones rurales et isolées des pays en développement, une quantité, même faible, d'électricité photovoltaïque permettrait de satisfaire les besoins de première nécessité comme l'éclairage, le pompage d'eau potable, l'alimentation de petites antennes médicales et l'enseignement. Ce problème concerne aujourd'hui près de deux milliards d'habitants qui ne sont pas reliés à un réseau électrique. Ce type de développement énergétique relève donc autant d'une exigence morale et éthique que d'une nécessité économique.

Les freins majeurs au développement de l'énergie solaire aujourd'hui viennent de la nature intermittente de cette énergie et de l'impossibilité de la stocker, ainsi que du coût du kWh actuellement cinq à dix fois plus élevé que celui des autres sources. Les



recherches devraient s'intensifier pour diminuer les coûts et surtout pour trouver une solution de stockage, et cela non seulement pour les besoins des pays en développement, mais aussi pour l'ensemble de la planète à mesure que les autres sources deviendront très chères ou disparaîtront au cours du siècle.

## **L'énergie éolienne**

Les éoliennes actuelles sont capables de produire des puissances de plusieurs mégawatts mais la production d'énergie est elle aussi intermittente et ne dépasse guère l'équivalent

de 1 300 heures par an à pleine puissance. Les périodes d'indisponibilité peuvent recouvrir indifféremment des heures de faible ou forte consommation d'électricité.

Ceci nécessite de disposer parallèlement d'une capacité de production en réserve dans une centrale classique, ce qui altère d'autant la rentabilité potentielle de cette source. Cette production pourrait néanmoins être un complément intéressant jusqu'à 10 ou 15 % de la fourniture d'électricité. Comme pour l'énergie solaire, son avenir est lié aux recherches pour permettre un éventuel stockage.

## **L'énergie des mers**

L'énergie des courants et des marées pourrait également être développée sur les côtes adéquates pour une utilisation industrielle et tertiaire locale.

## **La biomasse**

Les combustibles issus directement de la biomasse représentent plus de 1 Gtep/an, soit 10 % de l'énergie consommée dans le monde. Ils sont souvent utilisés très localement et de ce fait non inclus dans la plupart des données présentées. La part des combustibles fluides issus de la biomasse est faible : à l'échelle mondiale, les combustibles gazeux de cette filière représentent 4 Mtep/an environ, les combustibles liquides 11 Mtep/an (alcools de fermentation de céréales, esters d'huiles végétales, etc.).

Pour le chauffage, la forêt, installée sur des sols pauvres, pourrait fournir 1 tep par hectare et par an. La production de biocarburants à partir de cultures dédiées occupe préférentiellement des terres arables et nécessite un apport d'énergie pour l'exploitation et la fabrication du carburant ; il faut aujourd'hui consommer environ un litre de produits pétroliers pour produire en moyenne deux litres de biocarburant. Le développement de la production d'énergie à partir des biocarburants est une réelle option mais il pourrait entrer en compétition avec celui des cultures alimentaires.

## **L'hydrogène**

Une économie de l'hydrogène peut se développer, mais il faut rappeler que l'hydrogène n'est pas une énergie primaire et qu'il doit être produit à partir d'autres sources d'énergie : hydrocarbures aujourd'hui, nucléaire demain ?

*Au terme de ce bref survol, on voit que la hausse du prix de l'énergie engendrée par ces redéploiements dépendra beaucoup des choix énergétiques qui seront faits et de la place des filières d'ores et déjà rentables par rapport à d'autres dont les coûts sont encore*

*sensiblement plus élevés. La question principale qui va se poser dans le domaine de l'énergie pour la société au cours des prochaines décennies, c'est le choix entre prix élevés ou pollution atmosphérique et désordres climatiques. La situation diffère néanmoins pour les divers secteurs de consommation d'énergie finale.*

## **B - AUTRES DOMAINES PROBABLEMENT AFFECTÉS PAR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE**

Dans de nombreux autres domaines de l'activité humaine et de son environnement, on peut s'attendre à des conséquences évidentes ou probables du changement climatique.

### **1. L'eau**

Il ne faut jamais oublier que l'économie de l'eau diffère sur deux points essentiels de l'économie des hydrocarbures :

- l'eau n'est pas chimiquement détruite par son usage ;
- le coût (et par conséquent le prix) de l'eau ne permet pas actuellement de transports à grande distance.

L'évolution du climat (températures, précipitations) affectera le cycle hydrologique mondial, d'autant qu'elle se conjuguera avec les modifications des bassins hydrographiques, conditionnées par les activités humaines. Il est fréquemment avancé comme principaux bouleversements une diminution des débits des cours d'eau aux latitudes moyennes, associée à une extrême variation de la quantité d'eau douce aux autres latitudes.

L'eau douce ne représente que 2,5 % de l'eau de la planète, deux tiers de cette eau douce ne sont pas facilement accessibles, puisque stockés dans les glaciers. L'eau douce aisément utilisable ne représente, au total, que 0,007 % de l'eau de la planète. C'est dire si cette

ressource est plus rare qu'on ne le pense et combien, de ce fait, les marges de manœuvre sont étroites.

La demande mondiale d'eau douce est en forte augmentation : elle aurait été multipliée par six ou sept pendant le XX<sup>ème</sup> siècle. Son accroissement est deux fois supérieur aux taux de croissance démographique et cette tendance devrait encore s'accélérer, alors que :

- la population mondiale pourrait atteindre quelque 9 milliards d'hommes à l'horizon 2050 ;
- cette population sera de plus en plus urbaine ;
- la part des activités industrielles continuera de croître.

70% de l'eau douce prélevée dans le monde l'est pour l'agriculture. Environ la moitié de cette eau se perd par évaporation ou mauvaise utilisation... 90 % de l'eau prélevée dans les pays en développement vont à l'agriculture ; 40 % dans les pays industrialisés (à l'exception notable des Etats-Unis et du Canada...) L'industrie, pour sa part, prélèverait 23 % de la ressource potable.

Si l'agriculture consomme cinq fois plus d'eau qu'au début du XXe siècle, les agglomérations en consomment dix-huit fois plus et l'industrie vingt-six fois plus, ce qui illustre la « dynamique » du prélèvement d'eau potable dans le monde moderne.

À l'échelle planétaire, le risque de **pénurie des ressources en eau douce** est donc à établir. De nombreuses régions du monde subissent déjà le manque d'eau. L'Asie Centrale et le Pakistan en sont, dès maintenant, un exemple. Il est fort possible que ces zones s'étendent. Une gestion mondiale des ressources d'eau serait alors nécessaire, avec toutes les implications sociétales et humaines que cela comporte. Contrôler et limiter la consommation dans les sociétés industrialisées ne se ferait pas sans heurts, mais qu'en serait-il des conséquences majeures de la pénurie dans les pays dont les ressources, déjà faibles, risquent encore de s'amoinrir ? Au niveau mondial, un accroissement de l'inégalité de développement, n'est pas à exclure. On peut même craindre des conflits entre régions et Etats pour le contrôle et la « conquête » de cette eau devenue rare, ainsi qu'une augmentation significative des déplacements de population vers les régions plus privilégiées, avec toutes les tensions que ces mouvements impliquent.

À terme, une véritable gestion économique globale de l'eau pourrait s'avérer nécessaire. Il semble aussi probable qu'il y aura des modifications dans les systèmes de captage, de transport (sur un modèle inspiré de ceux du pétrole et du gaz) et de distribution de l'eau. Le dessalement de l'eau de mer prendra sa part du marché, mais il est très consommateur d'énergie.

## 2. L'agriculture, l'élevage et la pêche

En ce qui concerne **l'agriculture et l'élevage**, des changements importants sont à attendre compte tenu des transformations des **écosystèmes locaux** : modification des aires géographiques consacrées aux principales cultures, mise au point d'OGM capables de subsister dans de nouvelles conditions climatiques, redistribution des espèces animales en raison des modifications de la végétation et sélection naturelle de nouvelles espèces, évolution de la composition des cheptels.

Il faut s'attendre aussi à des migrations de populations agricoles quittant des zones devenues arides, à l'image de ce qu'a connu la région du Sahel. Le réchauffement des océans et la fonte de la banquise pourraient induire, comme nous l'avons vu précédemment, une modification de la trajectoire des courants marins, et donc de la

répartition des zones froides et chaudes ainsi que de la salinité : ces variations auront très probablement une incidence sur les lieux de développement des espèces marines, végétales et animales, et par voie de conséquence sur l'activité humaine qu'est **la pêche**. Cette influence est déjà constatée pour certaines espèces appréciées.

### **3. L'aménagement du territoire**

Ces variations pourraient également avoir une influence sur **l'aménagement du territoire** notamment par une extension des zones inondables et de celles sujettes aux coulées de boue. Des conséquences sur l'urbanisation et sur l'habitat sont alors probables.

De plus, de nombreuses personnes pourraient en être victimes; les coulées de boues de l'hiver 2003, en Algérie, ou tout récemment en Amérique Centrale en sont déjà l'illustration.

### **4. L'industrie**

Le secteur industriel, grand consommateur d'énergie, devra poursuivre, voire amplifier son adaptation. Il convient, cependant, de distinguer selon le degré d'industrialisation des zones géographiques étudiées.

Nos sociétés industrialisées ont longtemps vécu sur l'idée qu'elles pouvaient recourir à profusion à une énergie bon marché, sans véritablement se préoccuper des effets environnementaux. Ce temps est désormais révolu et la « conscience environnementale » du monde industriel augmente, encouragée par la mise en place progressive de dispositions financières visant à pénaliser les industries les plus polluantes. Le progrès technique a d'ailleurs permis à l'industrie d'améliorer très sensiblement ses performances. Elle est devenue plus sobre dans ses consommations à mesure qu'elle diversifiait ses productions et ses sources d'approvisionnement énergétique.

Que nos sociétés soient en capacité de s'adapter à un nouvel environnement plus contraignant est une évidence. La question est de savoir la rapidité avec laquelle elles s'adapteront. Une autre question est de savoir quel sera le coût de cette adaptation et sur qui reposera ce coût (externalisation ou non).

Le problème se pose différemment - et est plus difficile à résoudre – lorsqu'on envisage la situation des nouvelles puissances industrielles : Chine, Inde, Brésil... Plusieurs de ces nations ont exprimé une appréciation mitigée du protocole de Kyoto, estimant qu'il revenait aux Etats industriels (essentiellement les pays membres de l'OCDE) de « porter le fardeau » puisque c'est eux qui, depuis le début de l'ère industrielle, avaient le plus contribué au changement climatique.

Ce point de vue est compréhensible tout comme l'est le désir de prévenir un fort surcroît d'émission de gaz à effet de serre de la part de ces pays, ce qui ne manquerait pas de se produire dès lors qu'ils suivraient un modèle de développement identique au nôtre, avec quelques décennies de décalage. Si, dans le cas des nations industrialisées, la poursuite et l'accélération du progrès technique devraient permettre à l'industrie de continuer à s'adapter (recherche de la meilleure efficacité énergétique, modification et modernisation des processus de production...) les enjeux du côté des puissances industrielles émergentes sont donc à bien considérer.

La réponse se trouve sans doute dans une dialectique délicate de **partenariat** et de concurrence.

En transférant rapidement des technologies modernes aux pays émergents, les nations industrialisées se conduisent en partenaires dans le développement durable mais, en même temps, elles renforcent considérablement la capacité concurrentielle de ces pays. Cela n'est pas sans conséquence sur leur propre stratégie, qui exige le maintien permanent d'une avance technologique sans cesse renouvelée .

Cette **solidarité** obligée ne peut que s'étendre aux pays les plus pauvres. Les deux milliards d'hommes qui n'ont pour source d'énergie que les trois pierres entre lesquelles ils entretiennent un feu de mauvais charbon ou de bois trop rare ou de biomasse issue de leurs pauvres cultures, et qui constitue une source importante d'émission de CO<sub>2</sub>, (de l'ordre de 10 % des émissions mondiales) sont, en effet situés essentiellement dans ces pays...

Le changement de modèle imposé par le réchauffement climatique conduit donc à cette solidarité obligée, certes moralement moins satisfaisante qu'une générosité spontanée, mais sans doute plus assurée parce que plus indispensable.

## **5. L'habitat et les transports**

L'amélioration de l'habitat - par accroissement du confort - conduit à l'augmentation du recours à l'énergie sous toutes ses formes. Il apparaît illusoire de penser que la tendance pourrait s'inverser : l'augmentation du nombre des équipements domestiques de toute nature en est la marque ; la demande de climatisation, par exemple, ne fait que croître depuis quelques années sous nos latitudes et les dernières canicules ont fait faire un bond spectaculaire à ce poste spécifique. Les efforts de recherche pour mettre au point des types d'habitat plus économes en énergie ont été importants. Ils devront être amplifiés. Beaucoup reste à faire pour que les modes de construction s'infléchissent de façon significative dans un sens plus économe en énergie, et pour qu'aussi l'adaptation (coûteuse) du parc existant se développe rapidement.

Les transports représentent un enjeu, également très important. La croissance rapide du trafic routier est une évidence dans les pays industrialisés. Son extension aux autres sociétés est impressionnante et on imagine mal mettre un frein à la demande légitime de déplacement. Les marchés de nos sociétés sont désormais largement de remplacement, pour ce qui concerne l'automobile. Il en va autrement pour les autres marchés (Chine, Inde...).

À titre d'exemple, le marché automobile chinois est aujourd'hui aussi important que le marché français (2 millions de véhicules vendus chaque année) ; dans moins de cinq ans il sera aussi important que le marché allemand (plus de 3 millions de véhicules achetés par an). Combien de temps mettra-t-il pour égaler le marché américain (17 millions de véhicules vendus par an) ? Les moyens de transport ont fait de considérables progrès dans la sûreté, la robustesse, la sobriété. Cependant, ce qui est « gagné unitairement » est largement compensé par l'accroissement du parc mondial. Enfin, il ne faut pas négliger les autres moyens de transport, dont la contribution aux émissions de gaz est désormais non négligeable (transport aérien notamment).



## **6. L'importance économique et financière des catastrophes naturelles**

Dans les régions qui pourraient être frappées par d'importantes catastrophes naturelles (cyclones, inondations, canicules, montée du niveau des océans), un triple besoin se fera jour :

- des investissements préventifs pour renforcer ou créer des ouvrages de protection ;
- la mise en place de systèmes de veille permettant une détection anticipée des risques (ces systèmes seront sans doute internationaux) ;
- la création d'unités de secours aptes à intervenir en permanence et situées au niveau local, régional ou mondial. Le Tsunami de décembre 2004 et la récente catastrophe sismique du Pakistan sont venus illustrer, à nouveau, la carence de moyens puissants

et immédiatement disponibles d'intervention à l'échelle de la communauté internationale.

Face à une éventuelle augmentation du rythme et de l'ampleur des catastrophes naturelles, il est très probable que le budget de certains Etats ne suffirait pas à financer les frais de reconstruction des infrastructures, alors qu'on mesure en même temps les limites actuelles de la solidarité internationale au-delà de la phase de premiers secours. Une augmentation du coût des assurances et des conditions de réassurance serait également inéluctable. Quel pourra être le coût d'un réchauffement climatique auquel les sociétés humaines s'adapteraient ?

L'évaluation est très aléatoire mais, si l'on se réfère au coût des récessions économiques et à la part de l'énergie dans le revenu mondial brut, la perte de trois à cinq ans de la croissance actuelle du revenu mondial par tête ne semble pas une estimation absurde. Cette évaluation peut sembler faible, mais il ne faut pas oublier que la perte sera très inégalement répartie, encore que des phénomènes sociaux puissent venir l'amplifier comme on l'a observé dans le passé.

## **C - RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET SANTÉ HUMAINE**

Le corps humain se maintient en harmonie avec le milieu environnant grâce à des régulations permanentes de son milieu intérieur. Si les conditions extérieures varient soudainement ou dans des proportions très importantes sur un temps plus long, les facultés d'adaptation peuvent être débordées et des pathologies s'installer sous l'effet d'influences directes ou indirectes.

### **1. Les influences directes**

Les basses latitudes, qui couvrent près du quart des terres émergées et abritent la moitié des habitants de l'humanité, ont comme dénominateur commun, tout au long de l'année ou seulement à certaines saisons, la conjonction de la chaleur et de l'humidité, ce qui fait de la température effective et de la tension de vapeur de l'air les deux meilleurs éléments de description du bioclimat humain.

Pour autant, les influences directes des changements climatiques sur la santé de l'homme n'en sont pas moins très difficiles à prévoir, même en s'appuyant sur nos connaissances de la physiologie humaine expérimentale (effets de la température sur le rythme cardiaque, la pression artérielle, la respiration, la diurèse, les équilibres ioniques etc.).

Les méthodes prédictives utilisées consistent donc à examiner les pathologies induites par des effets soudains mais brefs des conditions climatiques : vagues de chaleur, expéditions dans des conditions extrêmes (déserts), cyclones ... Lors de ces paroxysmes

bioclimatiques, on constate que les personnes les plus affectées sont les enfants en bas âge et les personnes âgées, plus particulièrement les femmes. De plus la mortalité est surtout due à une soudaine aggravation d'états pathologiques.

Le maintien d'une chaleur nocturne élevée ne permettant pas à l'organisme de récupérer après l'élévation diurne est l'effet le plus redoutable.

Il existe peu d'études statistiques fiables reliant des pathologies définies à des variations extrêmes des conditions climatiques. La seule prévision médico-météorologique qui paraisse confortée par de nombreuses études concerne l'infarctus du myocarde, dont l'incidence est fonction des zones climatiques : il est beaucoup plus fréquent en période hivernale dans les régions très froides ou froides, et en été sous les climats chauds. Ceci est valable pour les deux hémisphères.



On peut donc en déduire qu'un réchauffement climatique risquerait d'augmenter sensiblement les infarctus en Europe du nord.

Dans les pathologies rhumatismales, les épisodes inflammatoires semblent aggravés par des températures nocturnes élevées associées à une surcharge de vapeur d'eau, alors que les arthroses, les périarthrites semblent ressenties plus durement en hiver.

D'autres pathologies pourraient s'accroître si, comme on le craint, la couche d'ozone s'amincissait encore. La filtration du rayonnement solaire s'amoinerait entraînant une élévation de la puissance du rayonnement ultra-violet (une diminution de 1 % de l'ozone stratosphérique augmente de 25 % la densité du flux). On pourrait alors observer une incidence accrue des cataractes (aux USA, le nombre d'opérations pourrait

passer de 1 à 3 millions par an) et des cancers cutanés (une diminution de n % de l'ozone produirait une élévation de 2n % de tumeurs chez les personnes à peau claire).

## **2. Les influences indirectes : changements climatiques et maladies infectieuses**

Les changements climatiques ont une influence sur la dynamique des maladies infectieuses, mais leur importance reste discutée.

Les maladies infectieuses résultent de la rencontre entre l'homme et un ou plusieurs microorganismes. Cette rencontre s'effectue au sein d'un écosystème qui peut être modifié naturellement ou par l'homme.

Parmi les maladies infectieuses susceptibles de modifications de leur morbidité sous l'effet de changement climatique, il faut distinguer les maladies à transmission vectorielle comme la dengue, le paludisme et les encéphalites virales, des maladies non vectorisées mais très dépendantes des conditions climatiques, telles que le choléra qui est exacerbé par l'accroissement d'humidité. Il faut également mentionner la morbidité créée par l'homme dans sa tentative de lutter contre les élévations de température avec les épidémies de légionelloses dont sont responsables les divers systèmes de climatisation et d'épuration thermique.

### **2.1. Influences climatiques sur les épidémies de choléra**

Le choléra est une maladie associée à l'absorption d'eau infestée par le vibron cholérique rejeté par les déjections humaines. Le vibron cholérique s'est adapté aux conditions de température et de salinité des estuaires. Capable de dormance durant des années, il peut être réactivé par des augmentations de 20 température, puis « diffusé » par modification de la force et de la direction des courants marins.

La pandémie actuelle qui sévit sur les six continents, a débuté en 1961 en Indonésie. Des échanges génétiques ont fait apparaître deux nouveaux vibriens pathogènes. En 1991, l'épidémie touchait le Pérou. La diffusion était très rapide touchant 30 000 personnes en trois semaines sur la côte ouest du continent amérindien. Cette pandémie coïncidait avec une durée inhabituelle de El Nino (1991- 1995). La relation entre cette pandémie et le paroxysme climatique pourrait être due aux conditions climatiques favorables à l'expansion du vibron cholérique dans les estuaires et côtes du Pacifique. La diffusion serait alors due aux courants marins portant du plancton associé au vibron, et sur terre à sa dissémination dans les planctons d'eau douce de rivières et lacs par des personnes infectées. La consommation de cette eau contaminée serait la source de l'épidémie continentale.

## 2.2. Influence du climat sur les maladies parasitaires

Ces affections graves sont dues à des parasites véhiculés par des insectes. Deux facteurs sont très importants dans la virulence de ces parasites : a) leur longévité, car la densité morbide de larves n'intervient qu'à un âge avancé de l'insecte et b) la chaleur qui favorise ce phénomène.

- Les leishmanioses sont connues depuis longtemps pour être influencées par le climat. Des modèles de simulation, qui s'appuient sur une augmentation de 3°C en 2030 et des changements pluviométriques, ont été mis au point, au Maroc en particulier. Il ressort de ces études que l'extension des zones arides et l'augmentation de température ont un rôle synergique sur les risques d'augmentation des leishmanioses.
- Les trypanosomiasés sont induites par divers parasites et véhiculées en Afrique par les glossines (mouches Tsé Tsé). Ces insectes se réfugient dans les végétaux pour parfaire leur capacité d'infectiosité. De telles zones « vertes » peuvent être isolées au milieu de régions désertiques. Globalement, la sécheresse et la diminution de la végétation pourraient restreindre sensiblement les zones d'habitation des glossines en Afrique, avec quelques variations pour rejoindre des régions plus propices. Ceci doit être pris avec prudence car d'autres paramètres tels que les variations de densité des réservoirs peuvent intervenir de manière positive ou négative.
- La bilharziose est une maladie pouvant évoluer vers des troubles cérébraux gravissimes (800 000 décès/an). L'infection s'effectue essentiellement par les baignades dans l'eau infectée (Égypte, Inde, Guadeloupe...). La bilharziose est très dépendante de l'agressivité de son vecteur (schistosome) qui lui-même dépend de la température de l'eau (~40°C étant le plus favorable à la maladie).

Un autre paramètre est la longueur de l'hibernation dans une région d'oiseaux hôtes qui jouent le rôle de réservoirs du vecteur pathogène (canards en particulier). Le réchauffement climatique peut favoriser l'allongement de leur séjour dans les étangs et rivières, et cette absence de migration augmenter la dissémination par les hôtes intermédiaires qu'ils infectent.

## 3. Les autres maladies

L'impact du changement climatique n'a été étudié que dans quelques cas.

- Les zoonoses à tiques (maladie de Lyme et encéphalites à tiques) sont des maladies virales pouvant devenir mortelles. Le réservoir est le chevreuil. Il semble que le changement climatique pourrait perturber le délicat équilibre instauré entre les cycles saisonniers des tiques et celui de la transmission du virus. Pour la décennie 2020,

certain experts prévoient que le virus de l'encéphalite pourrait se retirer du sud et sud-ouest de l'Europe Centrale et se déplacer vers le nord-ouest (Suède).

- On mentionnera également l'influence putative du climat sur l'expansion des toxines présentes ou secrétées par des algues et certains coquillages. Les toxines les plus connues sont celles issues de nombreux flagellés des récifs coralliens (ciguatera), qui sont absorbées par l'homme au terme de la chaîne alimentaire. Le réchauffement en surface de l'eau de mer serait susceptible de permettre la diffusion des espèces toxiques par les courants marins et leur adaptation à de nouveaux environnements.

#### **4. Variations climatiques et allergies**

- Les allergies peuvent être placées parmi les maladies sous influence indirecte des variations climatiques, car elles sont dépendantes des allergènes véhiculés essentiellement par le vent et l'humidité. Les maladies allergiques constituent un problème majeur de santé publique. Elles sont la pathologie la plus représentée en Occident (25 % de la population). La forme la plus sévère de l'allergie respiratoire, l'asthme, conduit à 180 000 décès par an. Les conditions climatiques ont une influence considérable sur les allergies. Un hiver très doux ou un été très sec, une variation brusque de l'hygrométrie (orage) pourront provoquer de véritables « épidémies » d'asthme et rhinites allergiques.

Les variations climatiques joueront sur la floraison et, par là, sur la concentration de pollen dans l'air. Il paraît donc probable que l'augmentation de température prévue dans les prochaines décennies aura des conséquences sur les maladies respiratoires, et ce d'autant qu'elle pourrait être associée à une pollution envahissante.

*En résumé, les effets des changements climatiques globaux sur le devenir des maladies, que ces changements soient dus à des phénomènes climatiques normaux mais exacerbés comme El Nino, ou d'origine anthropique (émission de gaz à effet de serre, etc.) sont encore mal connus. Mais dès lors que les microorganismes, pathogènes ou non, s'insèrent dans des écosystèmes complexes, on peut être assuré que toute variation significative des conditions climatiques, hygrométriques ou thermiques transformera l'épidémiologie des maladies dont les micro-organismes sont les agents.*





### III - VERS DE VÉRITABLES CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS ?

La population des pays industrialisés a pris des habitudes de vie qui ne seront probablement plus « soutenables » en l'état, à moyen terme. A l'échelle individuelle, les économies d'énergie vont devenir indispensables et impliquer l'acceptation de certains changements d'habitudes : utiliser une voiture de moindre puissance, se passer de la climatisation systématique, recourir plus largement, en zone urbaine, aux réseaux de transports en commun « propres », etc. Comment déclencher la prise de conscience et les changements comportementaux des individus et des dirigeants ?

Les événements susceptibles de le faire sont de deux natures possibles : ceux ayant un impact réel, suffisant pour ébranler les convictions ; ceux symboliques, mais de nature à frapper les esprits grâce à la communication et aux médias.

Dans la première catégorie, vient en premier lieu l'augmentation de certains prix, et d'abord celle du prix de l'énergie qui se diffuse largement et rapidement dans les économies développées. Elle s'amorce déjà et jouera sans doute un rôle décisif dans la prise de conscience du caractère inéluctable de certains changements, y compris à certains niveaux symboliques (la disparition prévisible des véhicules 4 X 4 en zone urbaine du fait d'une interdiction et/ou d'un coût prohibitif). Il est de même très possible que le prix de l'eau augmente à terme fortement, y compris pour les usages agricoles, dans un pays comme la France.

La fréquence, la localisation et l'amplitude exceptionnelle de certains événements météorologiques (cyclones, inondations, sécheresses...) et l'écho médiatique qui leur sera donné, pourraient aussi jouer un rôle pourvu qu'ils apparaissent explicitement liés au réchauffement climatique.

On peut penser aussi à l'impact d'une augmentation significative de l'occurrence de certaines maladies liées à un changement du climat (voir ci-dessus), et à l'aggravation de la vulnérabilité à un tel changement liée à la plus grande promiscuité qu'engendre une urbanisation massive et désordonnée.

Dans la seconde catégorie d'éléments susceptibles de modifier les comportements figurent des événements qui n'ont pas d'impact direct ou immédiat sur notre vie quotidienne, mais que les médias peuvent rendre « apparemment présents » : la réduction de la grande barrière de corail, le recul des glaciers, ou la fonte des glaces des pôles. Leur impact psychologique peut parfois être plus important à terme, que celui d'un événement exceptionnel tangible, mais vite oublié.

On peut aussi se poser la question, voisine, de savoir quels sont les indicateurs scientifiques, économiques et écologiques pertinents dont il faut suivre dorénavant l'évolution et le passage par des valeurs symboliques.

Une mention particulière doit être faite de l'effort de recherche. On ne peut certes tout en attendre. Cependant, les moyens qui lui sont consacrés en ce domaine devront encore croître en intensité. Ceci concerne autant l'énergie, à propos de laquelle l'effort est dès à présent très important, que les autres secteurs (habitat, transports...).

Dans le domaine spécifique de l'énergie, la recherche est active à la fois sur certains sources (nucléaire, hydrogène,...) et plus généralement sur l'amélioration de l'efficacité énergétique. Mais la séquestration du carbone devrait devenir un sujet prioritaire. Des pistes s'ouvrent aussi dans l'habitat (par exemple avec le « bâtiment à énergie positive »).

### **Quelle responsabilité pour le monde politique ?**

Se borner à considérer que l'homme a toujours su s'adapter à de nouvelles conditions pour assurer sa survie, et qu'il suffit donc de faire confiance au progrès scientifique ou au jeu des forces du marché, serait sans doute une attitude peu responsable au vu du caractère global et de l'ampleur potentielle des événements à venir. Certes, l'espèce humaine a montré depuis des millénaires ses capacités d'adaptation, mais souvent au prix de sacrifices considérables à l'échelle individuelle et collective, surtout lorsque les modifications et les contraintes se sont produites sur de très courtes périodes de temps. Il est donc certain qu'on ne peut pas se cantonner à l'attente passive d'une adaptation qui pourrait bien s'accompagner de conséquences catastrophiques.

Par ailleurs, il est vrai, il paraît bien difficile de prévoir aujourd'hui quelle place incombera respectivement à l'échelon national, européen ou mondial dans les prises de décision, et donc quel sera leur degré de cohérence.

- Schématiquement trois types d'attitudes sont possibles et pourraient coexister selon les pays :
- sans contester pour autant la gravité du problème, se borner à atténuer les effets désagréables pesant déjà sur la population, notamment par des mesures fiscales (en jouant par exemple sur la fiscalité de l'essence pour amortir l'augmentation du prix du pétrole). Même si ceci peut être tentant à court terme, une telle politique retarderait simplement. La prise de conscience des décisions à prendre et, en les différant, les rendrait plus coûteuses ;
- laisser au contraire jouer pleinement certains désagréments, notamment les hausses de prix, afin que la pression objective ainsi exercée sur les consommateurs accélère les évolutions de comportement nécessaires ;
- engager un effort de pédagogie annonçant et accompagnant les perturbations inévitables, tout en stimulant, par des mesures diverses et des investissements appropriés, les changements de comportement souhaités. En tout état de cause, ces adaptations seront longues et pourraient conduire à des tensions sociales importantes si elles sont mal contrôlées.

*Une évolution climatique importante et aux conséquences encore mal mesurables est inévitable au cours du siècle. Pour qu'elle ne soit ni trop brutale ni douloureuse, un processus graduel doit être amorcé dès maintenant. Il faut à la fois « **lutter contre** » ce changement, c'est-à-dire s'efforcer d'endiguer le phénomène pour qu'il n'engendre pas un bouleversement insupportable de notre mode de vie, et se préparer à « **s'adapter** » à des modifications inéluctables de l'environnement. Nous n'y parviendrons que par une prise de conscience collective des risques encourus, et par une volonté partagée de porter une attention constante et soutenue à cet objectif, tant dans les grandes décisions collectives que dans notre vie quotidienne.*

**Crédits :**

Photos en CC. : p. 4 > Christophe Libert, Bourgogne, France; p.7 > Antarctique, NASA/GRACE team/DLR/Ben Holt Sr. ; p.12 > Alexander Abolish ; p.16 > Simon Taylor, Hong-Kong; p. 22 > À la Nouvelle Orléans, juste après Katrina, Craig Toocheck; p.24 > Raffinerie, San Pedro, Sean Carpenter (sflood02) p. 28 > Lior Angel, New York.

Mise en page : I-Marginal