

Changement climatique et santé humaine – Risques et mesures à prendre

RESUME



Catalogage à la source : Bibliothèque de l'OMS

Changement climatique et santé humaine - Risques et mesures à prendre. Résumé.

1.Climat 2.Effet serre 3.Cataclysme 4.Transmission maladie 5.Rayonnement ultraviolet - effets indésirables
6.Evaluation risque 7.Elément météorologique 8.Système aide décision 1.Organisation mondiale de la Santé.

ISBN 92 4 259081 9

(Classification NLM: WA 30)

© Organisation mondiale de la Santé 2004


Tous droits réservés. Il est possible de se procurer les publications de l'Organisation mondiale de la Santé auprès de l'équipe Marketing et diffusion, Organisation mondiale de la Santé, 20 avenue Appia, 1211 Genève 27 (Suisse) (téléphone : +41 22 791 2476 ; télécopie : +41 22 791 4857 ; adresse électronique : bookorders@who.int). Les demandes relatives à la permission de reproduire ou de traduire des publications de l'OMS – que ce soit pour la vente ou une diffusion non commerciale – doivent être envoyées à l'unité Publications, à l'adresse ci-dessus (télécopie : +41 22 791 4806 ; adresse électronique : permissions@who.int).

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux n'implique pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la Santé ne garantit pas l'exhaustivité et l'exactitude des informations contenues dans la présente publication et ne saurait être tenue responsable de tout préjudice subi à la suite de leur utilisation.

Imprimé en France



Changement climatique et santé humaine – Risques et mesures à prendre

RESUME



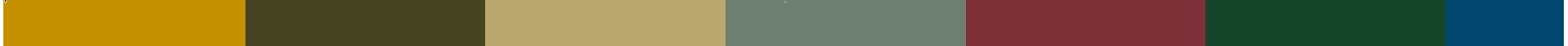
OMS



OMM



PNUE



Préface

Les sociétés humaines ont, au cours des siècles, altéré l'écosystème local et modifié le climat régional. Aujourd'hui, cette influence humaine se fait sentir partout sur la planète du fait de l'accroissement démographique, d'une augmentation de la consommation énergétique, de l'utilisation intense des terres, du commerce, des déplacements internationaux et d'autres activités humaines. Les changements qui en découlent nous forcent à constater que la santé des populations dépend à long terme du fonctionnement stable et continu des systèmes écologique, physique et socioéconomique de la biosphère.

Le système climatique mondial fait partie intégrante de l'ensemble des processus nécessaires au maintien de la vie. Le climat a toujours eu un impact puissant sur la santé et le bien-être des humains. Toutefois, comme beaucoup d'autres grands systèmes naturels, le climat subit le contrecoup des activités humaines. Le changement climatique mondial représente donc un nouvel enjeu pour ceux qui s'emploient à protéger la santé humaine.

La présente brochure est le résumé de l'ouvrage *Climate Change and Human Health – Risks and Responses*, publié par l'OMS en collaboration avec le PNUE et l'OMM, qui décrit le contexte et le processus du changement climatique mondial, ses conséquences réelles ou potentielles pour la santé, ainsi que la manière dont les sociétés humaines et leurs dirigeants devraient réagir, l'accent étant mis sur le secteur de la santé.

1 Changement climatique et santé : la même vieille histoire grandement amplifiée

Le changement climatique pose un problème majeur et, dans une large mesure, méconnu. La présente publication décrit le processus du changement climatique mondial, ses effets actuels et futurs sur la santé humaine, ainsi que la manière dont nos sociétés peuvent en atténuer les effets néfastes moyennant des stratégies d'adaptation et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Les extraordinaires prises de vue de la lune que nous a transmises Apollo en 1969 nous ont montré notre planète suspendue dans l'espace et ont transformé l'idée que nous nous faisons de la biosphère et de ses limites. Grâce à une meilleure compréhension des changements climatiques, nous percevons mieux les limites et les déterminants de la santé humaine. Si notre santé personnelle semble surtout être fonction d'un comportement prudent, de l'hérédité, de l'activité professionnelle, de l'exposition à l'environnement local et de l'accès aux soins de santé, le maintien en bonne santé des populations nécessite les « services » d'entretien de la biosphère. Toutes les espèces animales dépendent pour leur survie d'eau et de nourriture, d'un environnement où les maladies infectieuses ne prolifèrent pas trop, et de la sécurité et du confort physique que confère la stabilité climatique. Le système climatique mondial est donc d'une importance vitale.

De nos jours, les activités humaines influent sur le climat partout dans le monde. Elles augmentent la concentration atmosphérique de gaz capteurs d'énergie amplifiant ainsi l'effet de serre naturel qui rend la Terre habitable. Ces gaz à effet de serre comprennent, principalement, le dioxyde de carbone (résultant surtout de l'utilisation de combustibles fossiles et d'incendies de forêt) et d'autres gaz qui emprisonnent la chaleur comme le méthane (provenant de l'agriculture irriguée, de l'élevage et de l'exploitation pétrolière), l'oxyde nitreux et divers

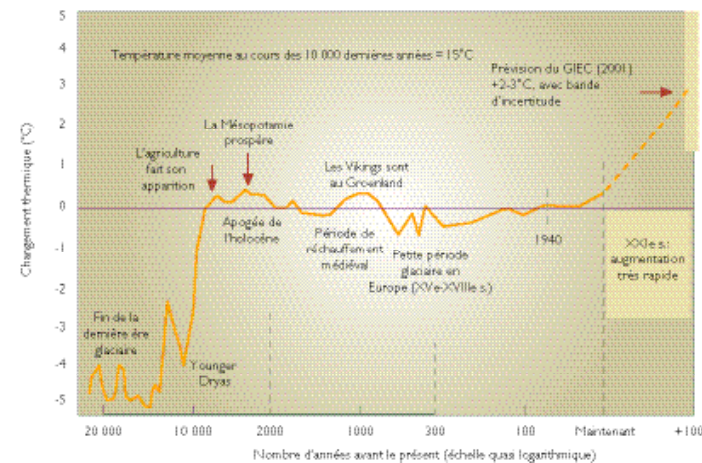
hydrocarbures halogénés artificiels. Dans son troisième Rapport d'évaluation (2001), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) constate « qu'il existe des preuves nouvelles et encore plus solides que l'essentiel du réchauffement observé ces 50 dernières années est imputable à l'activité humaine. »¹

Au cours du XXe siècle, la température moyenne globale à la surface s'est accrue d'environ 0,6°C, et environ deux tiers de cette augmentation s'est produite depuis 1975. Les climatologues prévoient que le réchauffement, accompagné d'une modification des précipitations et de la variabilité du climat, va se poursuivre pendant ce siècle et au-delà. Ces prévisions se fondent sur des modèles climatiques de plus en plus pointus basés sur des scénarios plausibles d'émissions de gaz à effet de serre qui

tiennent compte de différentes trajectoires démographiques, économiques et technologiques ainsi que de schémas évolutifs de gouvernance.

Du fait qu'il se produit à l'échelle mondiale, le changement climatique diffère fondamentalement des nombreux autres problèmes environnementaux bien connus, comme les risques toxicologiques ou microbiologiques propres à un lieu. En effet, le changement climatique signifie qu'aujourd'hui nous altérons les systèmes biophysique et écologique de la Terre, et ceci à l'échelle planétaire comme en témoignent la dégradation de la couche d'ozone stratosphérique, la déperdition accélérée de la diversité biologique, les perturbations du système de production alimentaire terrestre et marine, l'épuisement des réserves d'eau douce et la

Figure 1.1. Variations de la température à la surface de la Terre au cours des 20 000 dernières années



dissémination partout dans le monde de polluants organiques persistants.

Les sociétés humaines ont de tout temps connu des vicissitudes climatiques naturelles (Figure 1.1). Les anciennes populations égyptienne, mésopotamienne, maya et européenne (pendant les quatre siècles de la petite période glaciaire) ont toutes été affectées par les grands cycles climatiques de la nature. De manière plus aiguë, catastrophes et épidémies se produisent souvent en réaction aux extrêmes de cycles climatiques régionaux comme le phénomène El Niño/oscillation australe (ENSO).²

Le GIEC estime que la température moyenne globale augmentera de plusieurs degrés centigrades au cours de ce siècle. Comme le montre la figure 1.2, cette estimation comporte une incertitude inévitable du fait que l'on n'appréhende pas pleinement la

complexité du système climatique et que l'on ne peut prédire avec certitude le développement futur de l'humanité.

La température dans le monde a augmenté d'environ 0,4°C depuis les années 70 et dépasse à présent la limite supérieure de la variabilité naturelle (historique). Les climatologues estiment que l'augmentation récente de la température est surtout imputable à l'homme.

Effets éventuels des changements climatiques sur la santé

La modification du climat aura des incidences sur le fonctionnement de grand nombre d'écosystèmes et de leurs espèces membres. Elle aura également des répercussions sur la santé humaine. Certaines d'entre elles seront bénéfiques. Par exemple, des hivers plus doux contribueront à réduire la mortalité hivernale dans les

pays tempérés et, dans les régions chaudes, une augmentation des températures pourrait réduire la viabilité des populations de moustiques vecteurs de maladie. Toutefois, les scientifiques estiment que, dans l'ensemble, la plupart des conséquences du changement climatique seront néfastes pour la santé.

Les changements climatiques de ces dernières décennies ont probablement déjà influé sur certains effets sur la santé. En effet, d'après le Rapport sur la santé dans le monde 2002 de l'Organisation mondiale de la Santé, « on estime qu'en l'an 2000, le changement climatique était déjà responsable de 2,4% environ des cas de diarrhée dans le monde et de 6% des cas de paludisme dans certains pays à revenu intermédiaire ».³ Cependant, il est difficile de distinguer le signal escompté du bruit de fond de la variabilité naturelle et d'autres facteurs de causalité. Une fois repéré, l'attribution de la cause est renforcée si l'on observe des phénomènes similaires dans différentes populations.

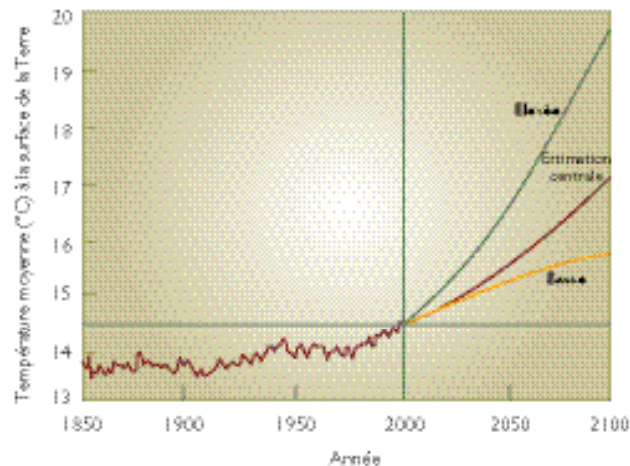
Pour ce qui est de la santé humaine, les premiers changements que l'on perçoit sont les altérations de l'étendue géographique (latitude et altitude) et saisonnière de certaines maladies infectieuses – y compris les infections vectorielles comme le paludisme et la dengue et les infections d'origine alimentaire (comme la salmonellose) qui sévissent particulièrement pendant les mois les

plus chauds. Une augmentation des températures moyennes associée à une plus grande variabilité climatique altérerait la fréquence des expositions aux extrêmes thermiques et les effets sur la santé qui s'ensuivent aussi bien en hiver qu'en été. En revanche, les conséquences pour la santé publique de la perturbation des écosystèmes naturels et aménagés de production vivrière, de l'élévation du niveau de la mer et du déplacement des populations à cause des dangers qu'elles courent, des terres englouties, des bouleversements économiques et des troubles civils pourraient ne pas se manifester avant plusieurs décennies.

Conclusion

Situation sans précédent, la population mondiale se trouve aujourd'hui confrontée à des changements inconnus de la basse et moyenne atmosphère causés par l'homme et à une déperdition, partout dans le monde, de divers autres systèmes naturels (fertilité des sols, aquifères, ressources halieutiques et diversité biologique en général). On a pris rapidement conscience du fait que ces changements allaient compromettre les activités économiques, l'infrastructure et les écosystèmes aménagés, mais ce n'est qu'à présent que l'on reconnaît que le changement climatique global présente des risques pour la santé humaine.

Figure 1.2 Relevés de la température dans le monde depuis l'introduction du relevé instrumental en 1860, et projection à 2100, selon le GIEC



Source : référence 1

2 Climat et conditions atmosphériques : nouvelles expositions humaines

Il convient, lorsque l'on se penche sur « le changement climatique et la santé », de faire la distinction entre les conséquences pour la santé de différents phénomènes météorologiques : conditions atmosphériques, variabilité du climat et changement climatique.

Les conditions atmosphériques sont le résultat du changement perpétuel de l'atmosphère considéré d'ordinaire sur une échelle temporelle allant de quelques minutes à quelques semaines. Le climat est l'état moyen de l'atmosphère et les caractéristiques associées de la terre ou de l'eau sous-jacentes dans une région donnée, sur des périodes de plusieurs années. Par variabilité du climat, on entend les variations de l'état moyen, y compris les variations saisonnières et les grands phénomènes cycliques régionaux comme El Niño/oscillation australe (ENSO) ou l'oscillation nord-atlantique.

Les changements climatiques se produisent sur des dizaines d'années voire des périodes plus longues. Jusqu'à récemment, les changements climatiques se sont produits naturellement, sur des siècles ou des millénaires, à cause de la dérive des continents, de divers cycles astronomiques, des variations de l'énergie solaire et de l'activité volcanique. On a constaté ces dernières décennies que les activités humaines modifient la composition atmosphérique et qu'elles provoquent, de ce fait, un changement climatique global.¹

Le système climatique
Le climat de la Terre est déterminé par des interactions complexes entre le soleil, l'atmosphère, la cryosphère, la surface terrestre et la biosphère. Les conditions atmosphériques et le climat sont surtout fonction du soleil. Le réchauffement inégal de la surface

terrestre (plus élevé dans les régions équatoriales) provoque de grands courants de convection à la fois dans l'atmosphère et dans les océans, et est donc une cause majeure de vents et de courants océaniques.

Notre planète est entourée de cinq couches atmosphériques concentriques. La couche la plus voisine du sol (troposphère) a une épaisseur moyenne de 10-12 km. C'est là que se produisent la plupart des phénomènes météorologiques qui nous touchent. La couche suivante (stratosphère) s'étend jusqu'à environ 50 km d'altitude. L'ozone stratosphérique absorbe la plupart du rayonnement solaire ultraviolet. Au-dessus de la stratosphère, il y a trois autres couches : la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère.

En tout, ces cinq couches atmosphériques diminuent environ de moitié le rayonnement solaire qui atteint la surface terrestre. En particulier, certains gaz à effet de serre, présents à l'état de concentrations-trace dans la troposphère (notamment vapeur d'eau, dioxyde de carbone, oxyde nitreux, méthane, hydrocarbures halogénés et ozone) absorbent près de 17% de l'énergie solaire qui la traverse. Une grande partie de l'énergie solaire qui atteint la surface terrestre est absorbée et émise à nouveau sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde (rayonnement infrarouge). Une partie de ce rayonnement infrarouge est absorbée par des gaz à effet de serre dans la troposphère et cause un réchauffement additionnel de la

Figure 2.1. L'effet de serre (référence 2)

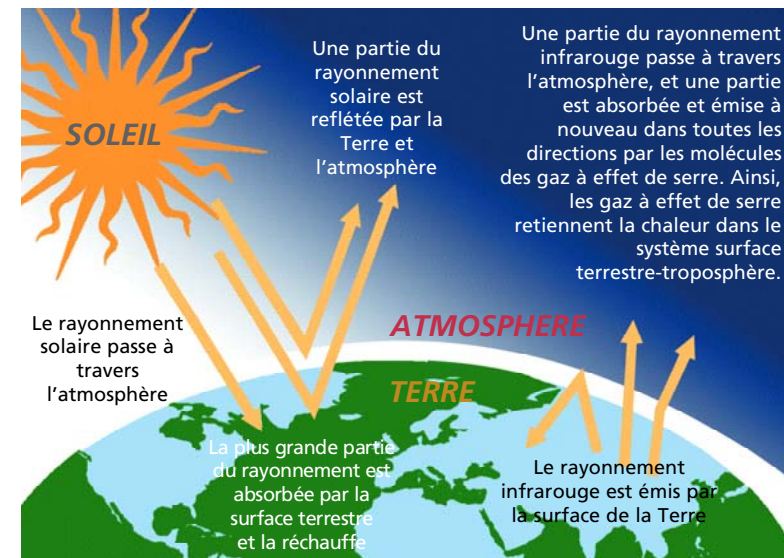
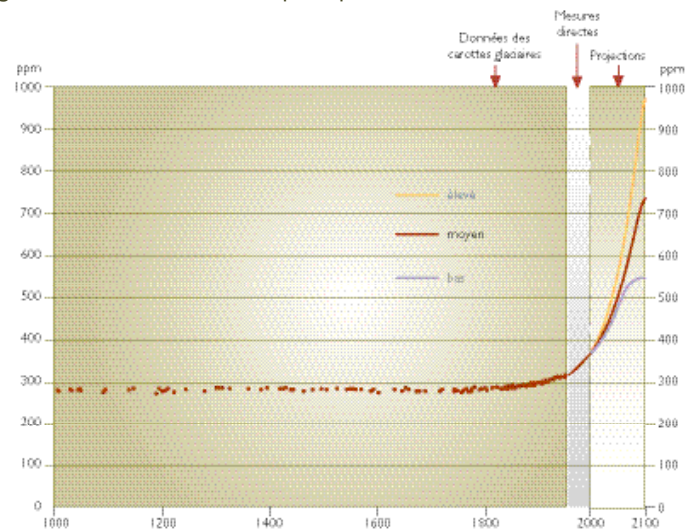


Figure 2.2. Concentration atmosphérique de CO₂ entre l'an 1000 et l'an 2000



Source : Watson et al., 2001.³ (Concentrations obtenues à partir des données des carottes glaciaires et des mesures atmosphériques directes au cours des quelques dernières décennies. Les projections des concentrations de CO₂ pour la période 2000 à 2100 sont basées sur les six scénarios d'illustration du RSSE et IS92a).

surface terrestre, qui élève de 33°C la température de la planète lui conférant sa température moyenne actuelle de surface de 15°C. Ce processus de réchauffement supplémentaire est appelé « effet de serre » (Figure 2.1).

Gaz à effet de serre

L'effet de serre est amplifié par l'accroissement des constituants gazeux dans l'atmosphère du fait de l'activité humaine. Ces dernières années, la combustion accrue de combustibles fossiles, l'activité agricole et plusieurs autres activités économiques ont grandement augmenté les émissions de gaz à effet de serre. La concentration atmosphérique de dioxyde de carbone a augmenté d'un tiers

depuis le début de la révolution industrielle (Figure 2.2).

Le tableau 2.1 donne les concentrations en 1790 et en 1998 de plusieurs gaz à effet de serre, le changement de leur taux de concentration de 1990 à 1999 et leur temps de séjour dans l'atmosphère. Ce dernier élément revêt une importance particulière pour les décideurs car l'émission de gaz dont le temps de séjour est long nous condamne de manière quasi-irréversible à un changement climatique continu sur des dizaines voire des centaines d'années.

Tableau 2.1 : Exemples de gaz à effet de serre soumis à l'influence des activités humaines

	CO ₂ (Dioxyde de carbone)	CH ₄ (Méthane)	N ₂ O (Oxyde nitreux)	CFC-11 (chlorofluoro-carbone-11)	HFC-23 (Hydrofluoro-carbone-23)	CF ₄ (Perfluorométhane)
Concentration pré-industrielle	~280 ppm	~700 ppb	~270 ppb	Zero	Zero	40 ppt
Concentration en 1998	365 ppm	1745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Changement du taux de concentration ^b	1.5 ppm/an ^a	7.0 ppb/an ^a	0.8 ppb/an	-1.4 ppt/an	0.55 ppt/an	1 ppt/an
Temps de séjour atmosphérique	5-200 ans ^c	12 ans ^d	114 ans ^d	45 ans	260 ans	>50,000 ans

Source : référence 1

- a Le taux a fluctué entre 0,9 ppm/an et 2,8 ppm/an pour le CO₂ et entre 0 et 13 ppb/an pour le CH₄ durant la période 1990-1999
 b Taux calculé pour la période 1990-1999
 c Aucun temps de séjour unique ne peut être déterminé pour le CO₂ en raison des différents taux d'absorption des divers processus d'élimination
 d Ce temps de séjour a été défini comme un « temps d'ajustement » qui tient compte de l'effet indirect du gaz sur son propre temps de séjour ppm : parties pour million, ppb : parties pour milliard, ppt : parties pour trillion.

Etude des effets du climat sur la santé

Pour étudier les effets des événements météorologiques et de la variabilité du climat sur la santé humaine, il faut préciser « l'exposition » météorologique. Les conditions atmosphériques et le climat peuvent être résumées sur différentes échelles spatiales et temporelles. L'échelle de l'analyse et le choix du délai entre l'exposition et les effets dépendront de ce que l'on imagine être la nature de la relation. Pour mener ces recherches à bien, il faut disposer de données sur les conditions atmosphériques/le climat et les effets sur la santé portant sur des périodes de longue durée et ayant les mêmes dimensions spatiales et temporelles.

Il convient également dans ce genre de recherche de tenir compte des nombreux types d'incertitude qui y sont inhérents. Les prédictions concernant la manière dont des systèmes complexes comme les systèmes climatiques régionaux et les écosystèmes dépendant du climat sont susceptibles de réagir lorsqu'ils sont poussés au-delà des limites critiques sont forcément incertaines. De même, on ne peut prédire avec certitude les caractéristiques, comportements et capacités de réaction futurs des populations.

3

Consensus international en matière de climatologie et de santé : Troisième Rapport d'évaluation du GIEC

Grâce aux résultats de recherches récentes et notamment à l'élan donné par les travaux du GIEC et d'autres études axées sur les politiques menées à l'échelon régional et national, nos connaissances en matière de rapports climat-santé se sont grandement accrues.

Au début des années 90, on était peu conscient des risques pour la santé que représentaient les changements climatiques. Ce manque de prise de conscience traduisait le manque général de connaissances concernant les effets néfastes probables de la perturbation des systèmes biophysiques et écologiques sur le bien-être et la santé des populations. Les scientifiques ne se doutaient pas de ce que les changements observés dans leurs domaines particuliers, à savoir conditions climatiques, diversité biologique, productivité des écosystèmes, etc. pouvaient avoir une importance pour la santé. La très brève mention des risques sanitaires, que l'on trouve dans le premier Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) publié en 1991, en témoigne.

Par la suite, la situation a changé. Dans son deuxième Rapport d'évaluation (1996), le GIEC a consacré un chapitre entier aux risques potentiels pour la santé. Il en va de même du troisième Rapport d'évaluation (2001) qui comprend un examen de certaines conséquences avérées pour la santé ainsi qu'une évaluation des conséquences futures possibles. Ce rapport fait également ressortir les effets prévus sur la santé par région géographique.

Le GIEC a été établi en 1988 par l'OMM et le PNUE. Il a pour rôle d'évaluer les publications scientifiques mondiales ayant trait à : i) la mesure dans laquelle les changements subis

par la troposphère causés par des émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont influé, et sont susceptibles d'influer, sur les phénomènes climatiques mondiaux ; ii) la manière dont ceci affecte et continuera à affecter divers systèmes et processus revêtant de l'importance pour les sociétés humaines ; iii) l'éventail des mesures économiques et sociales que peuvent prendre les décideurs pour parer au changement climatique et réduire ses effets.

Les travaux du GIEC sont le fruit de la collaboration de centaines de chercheurs du monde entier. Tous les cinq ans, les gouvernements nationaux proposent des scientifiques ayant des compétences dans les nombreux domaines couverts par le GIEC. Des équipes d'examen thématique sont alors formées de manière à ce que les différentes disciplines ainsi que les différentes régions géographiques soient représentées. Mis à part les quelques scientifiques qui font partie du secrétariat du GIEC, tous les autres contribuent bénévolement leurs travaux d'étude, d'examen et de rédaction.

Les sommaires prévisionnels du GIEC sont soumis à toute une série d'évaluations internes et externes par des experts. Les résumés des rapports du GIEC dans leur forme finale sont soumis à l'examen minutieux et systématique des gouvernements lors de conférences internationales.

Evaluation par le GIEC des incidences sur la santé

Dans son troisième Rapport, le GIEC conclut que :

« Dans l'ensemble, les effets des changements climatiques néfastes à la santé seront particulièrement marqués parmi les populations à faibles revenus, principalement dans les pays tropicaux et subtropicaux. »

Et le Rapport poursuit : « Les changements climatiques peuvent influencer directement sur la santé (effets du stress thermique, pertes de vies humaines au cours d'inondations et de tempêtes, par exemple), et indirectement suite à la modification des vecteurs de maladies (moustiques, par exemple), des pathogènes hydriques, de la qualité de l'eau et de l'air et de la disponibilité et de la qualité des denrées alimentaires. Les incidences véritables sur la santé seront largement fonction des conditions environnementales locales et du contexte socio-économique, ainsi que des mesures d'adaptation sociales, institutionnelles, technologiques et comportementales prises pour réduire l'ensemble des risques sanitaires. »¹

Un changement des conditions climatiques peut, en gros, avoir trois types d'incidences sur la santé :

- Des incidences relativement directes, résultant d'ordinaire de phénomènes climatiques extrêmes.
- Des conséquences pour la santé de divers processus de transformation de l'environnement et de

perturbations écologiques dues au changement climatique.

- Des divers effets – traumatiques, infectieux, nutritionnels, psychologiques et autres – qui se produisent chez les populations déplacées et démoralisées du fait de bouleversements économiques, de la détérioration de l’environnement et de situations de conflit dus au climat.

Ces diverses voies sont illustrées par la figure 3.1.

Nos connaissances relatives aux effets du changement climatique et de la variabilité du climat sur la santé humaine se sont accrues considérablement ces dernières années. Toutefois, plusieurs questions fondamentales viennent compliquer cette tâche :

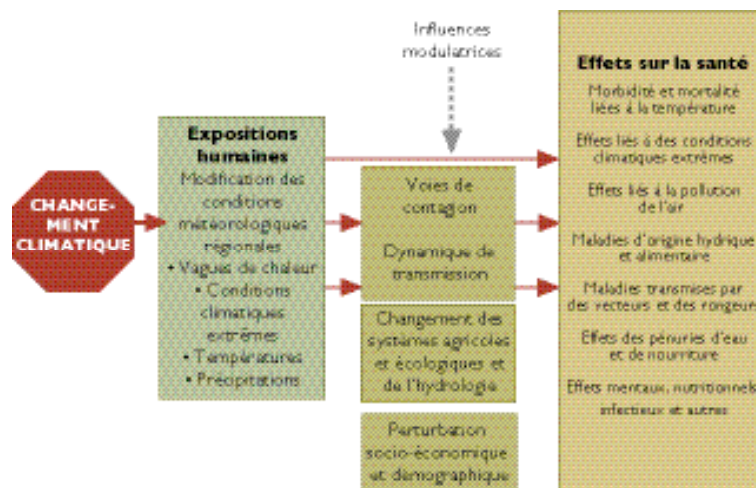
- Les effets du climat sur la santé sont souvent modulés par des interactions avec d’autres processus écologiques, des conditions sociales et des mesures d’adaptation. Pour essayer de les expliquer, il nous faut trouver un juste équilibre entre complexité et simplicité.
- Il existe de nombreuses sources d’incertitude scientifique et contextuelle. Le GIEC a, par conséquent, cherché à systématiser l’évaluation du niveau de confiance attaché à chacune des conséquences sanitaires déclarées.
- Le changement climatique est l’un des nombreux changements environnementaux concomitants qui se produisent dans le monde et qui affectent la santé humaine – et réciproquement.³ Un exemple probant de ceci est la transmission vectorielle de maladies infectieuses

qui est régie à la fois par les conditions climatiques, les mouvements de population, le déboisement et l’utilisation des sols, la déperdition de la diversité biologique (les prédateurs naturels des moustiques, par exemple), la configuration des surfaces d’eau douce et la densité des populations humaines.⁴

Le GIEC conclut, avec un degré élevé de confiance, que le changement climatique entraînera une augmentation de la morbidité et de la mortalité liées à la chaleur, une diminution de la mortalité liée au froid dans les zones tempérées, une plus grande fréquence des épidémies de maladies infectieuses à la suite d’inondations et de tempêtes, et qu’il aura des effets considérables sur la santé des populations qui seront déplacées du fait de l’élévation du niveau de la mer et de l’augmentation des ondes de tempêtes.

Le Rapport du GIEC souligne que nos connaissances concernant les liens entre le climat, les changements climatiques et la santé humaine ont considérablement augmenté ces 10 dernières années. Toutefois, de nombreuses lacunes demeurent quant aux expositions futures probables aux changements climatiques et environnementaux, et à la vulnérabilité et adaptabilité des systèmes physiques, écologiques et sociaux à ces changements.

Figure 3.1. Voies par lesquelles le changement climatique affecte la santé humaine (repris et adapté de l’ouvrage cité à la référence 2)



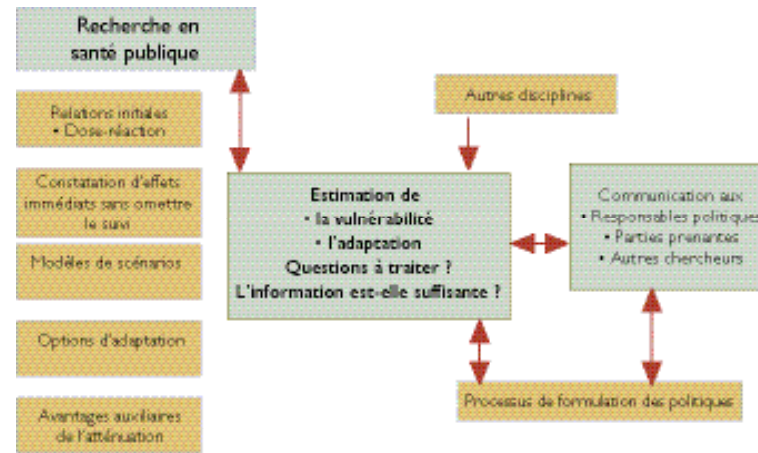
Pour chacun des effets potentiels du changement climatique, certains groupes seront particulièrement vulnérables à la maladie et aux traumatismes. La vulnérabilité d’une population dépend de facteurs comme la densité démographique, le niveau de développement économique, les ressources vivrières, le niveau des revenus et leur distribution, les conditions environnementales locales, l’état de santé, la présence de services de santé publique et leur qualité.⁵

4

Dans une perspective d'avenir : mission ardue des scientifiques qui étudient le changement climatique et la santé

La recherche sur le changement climatique et la santé couvre des études de relation de cause à effet, d'évaluation des risques, d'évaluation de la vulnérabilité et des capacités d'adaptation des populations et d'évaluation des politiques d'intervention (Figure 4.1).

Figure 4.1 Tâches des sciences de la santé publique



Les difficultés que posent l'identification, la quantification et la prédiction des effets du changement climatique sur la santé ont trait à des questions d'échelle, aux caractéristiques de « l'exposition » et à l'élaboration de relations de causalité souvent complexes et indirectes.¹ Tout d'abord, la vaste dimension géographique du problème et les périodes particulièrement longues sur lesquelles il faut se pencher sont des éléments peu familiers pour les chercheurs. Les épidémiologistes étudient d'ordinaire des problèmes circonscrits géographiquement, dont l'apparition est relativement rapide et qui ont un effet direct sur la santé. L'individu est, le plus souvent, l'unité naturelle d'observation.

En deuxième lieu, la variable « exposition », qui comprend les conditions météorologiques, la variabilité du climat et les tendances

climatiques, pose des difficultés. Il n'y a pas de groupe « non exposé » pour servir de point de comparaison. En fait, comme il y a peu de différence pour ce qui est de l'exposition au climat entre les individus d'une même zone géographique, la comparaison de groupes de personnes ayant différentes « expositions » est d'ordinaire exclue. Il convient plutôt de comparer des communautés ou des populations entières et, ce faisant, de tenir compte des différences intercommunautaires de vulnérabilité. La très forte vague de chaleur à Chicago en 1995 n'a pas fait, par exemple, le même nombre de morts dans tous les quartiers de la ville à cause de facteurs comme la qualité des habitations et la cohésion de la communauté.

Troisièmement, certains effets sur la santé se produisent par des voies indirectes et complexes. Les effets sur la santé des températures extrêmes

sont directs. En revanche, les changements complexes de la composition et du fonctionnement des écosystèmes contribuent à induire les changements climatiques qui influent sur la propagation des maladies infectieuses à transmission vectorielle et sur la productivité agricole.

Une dernière difficulté est celle d'évaluer les risques pour la santé en fonction de scénarios climatiques-environnementaux *futurs*. A la différence de la plupart des dangers reconnus pour la santé liés à l'environnement, une grande partie des risques prévus se manifesteront dans un certain nombre d'années, voire des décennies.

Stratégies de recherche et tâches à accomplir

Bien qu'une grande partie de la recherche soit axée sur les risques futurs pour la santé, les études empiriques qui portent sur le passé récent et sur le présent revêtent également de l'importance. Les méthodes courantes d'observation épidémiologique peuvent faire ressortir les conséquences pour la santé des tendances climatiques locales des dernières décennies, à condition de disposer de données pertinentes. Ces informations nous permettent de mieux estimer les effets futurs. Dans l'intervalle, nous devrions également rechercher des indices immédiats des effets du changement climatique sur la santé étant donné qu'il se produit déjà depuis plusieurs dizaines d'années.

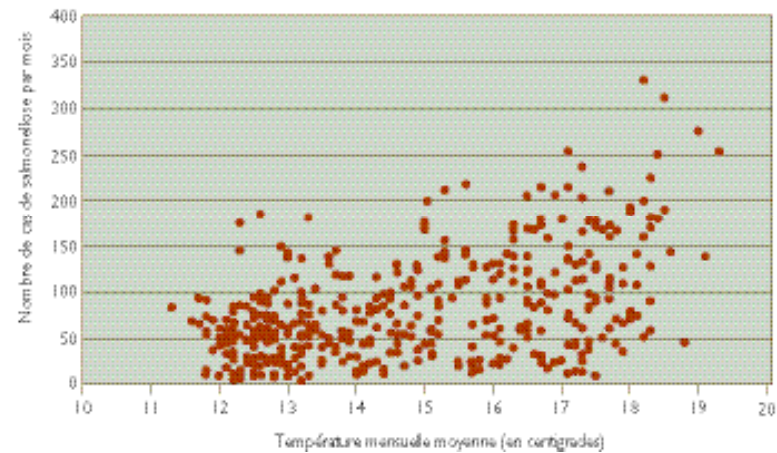
Les incidences sur la santé de changements climatiques futurs, y compris les changements de variabilité du climat, peuvent être estimées de deux manières. La première est d'extrapoler à partir d'études analogues qui voient dans la variabilité récente du climat une préfiguration du changement climatique. La deuxième est d'utiliser des modèles prévisionnels informatisés, fondés sur les connaissances actuelles en matière de relations entre les conditions climatiques et la santé. Ces modèles ne peuvent prédire exactement ce qui *advendra*, mais ils indiquent ce qui *advendrait* si certaines conditions climatiques (et autres conditions énumérées) venaient à se produire.

Les cinq tâches principales des chercheurs sont les suivantes:

1. Etablir des relations de base entre les conditions météorologiques et la santé

De nombreuses questions concernant la sensibilité de certains effets sur la santé aux conditions climatiques, à la variabilité du climat et aux changements environnementaux dus au climat n'ont pas encore trouvé de réponse. Par exemple, les principaux agents pathogènes responsables de la gastro-entérite aiguë se multiplient plus rapidement lorsqu'il fait chaud. Les températures ambiantes plus élevées causent-elles davantage de cas de maladie ? Il semblerait que oui à en juger par le nombre mensuel de cas de salmonellose en Nouvelle-Zélande en fonction des températures mensuelles moyennes (Figure 4.2).

Figure 4.2. Relation entre les températures moyennes et les cas de salmonellose signalés mensuellement en Nouvelle-Zélande 1965-2000



2. Trouver des preuves des effets antérieurs du changement climatique

Nous disposons de nombreuses observations concordantes sur les changements physiques et écologiques imputables au réchauffement récent de la planète mais, jusqu'à présent, de peu d'indications sur ses effets sur la santé humaine. Ceux-ci comprennent de nouvelles distributions des maladies infectieuses (comme l'encéphalite à tiques² et le choléra³). Les chercheurs doivent tenir compte du fait que les humains disposent de nombreuses stratégies de survie comme planter des arbres pour avoir de l'ombre, modifier les horaires de travail ou installer la climatisation.

3. Etablir des modèles de scénarios prévisionnels

Contrairement à la plupart des expositions environnementales, nous savons que les changements

climatiques mondiaux se poursuivront pendant au moins plusieurs décennies. Les climatologues peuvent à présent modéliser de manière satisfaisante les conséquences climatiques de scénarios futurs d'émission de gaz à effet de serre. En reliant ces scénarios aux modèles d'effets sur la santé, on peut estimer les conséquences probables pour la santé de ces changements.

Certains effets sont facilement quantifiables (décès causés par des inondations ou des tempêtes, par exemple), d'autres pas (conséquences de l'insécurité alimentaire, par exemple).

4. Evaluer les possibilités d'adaptation

S'adapter signifie prendre des mesures pour réduire les effets potentiellement néfastes du changement environnemental (Voir le chapitre 11).

5. Estimer les bénéfices et les coûts de l'atténuation et de l'adaptation
Les mesures prises pour réduire les gaz à effet de serre (atténuation) ou diminuer leurs effets sur la santé (adaptation) peuvent avoir d'autres effets de coïncidence. Par exemple, en utilisant les transports en commun plutôt que l'automobile privée on contribue non seulement à réduire les émissions de CO₂ mais aussi à améliorer la santé publique dans le court terme : moins de pollution et moins d'accidents de la route et davantage d'exercice. Les informations concernant les coûts et bénéfices « accessoires » sont d'une grande utilité pour les décideurs. Il convient toutefois de noter que lorsqu'il s'agit d'effets différés ou qui se poursuivent dans un avenir lointain, l'évaluation des coûts est loin d'être simple.

Questions générales concernant l'incertitude

Il importe que les chercheurs décrivent, exposent et expliquent toutes les incertitudes pertinentes afin que les décideurs se familiarisent avec les conditions nécessaires pour qu'un phénomène particulier se produise. Étant donné que la perception des risques est fonction de la culture, des valeurs et de la classe sociale, les « parties prenantes » devraient participer à la fois à la formulation des questions d'évaluation et à l'interprétation des risques.

5 Effets sur la santé des phénomènes climatiques extrêmes

Les facteurs climatiques sont un déterminant important de diverses maladies à transmission vectorielle, de grand nombre de maladies entériques et de certaines maladies d'origine hydrique. La relation entre les variations d'année en année du climat et des maladies infectieuses est particulièrement évidente chez les populations vulnérables et lorsque les variations climatiques sont marquées. Le phénomène El Niño fournit une analogie permettant de comprendre les effets futurs de l'évolution du climat mondial sur les maladies infectieuses.

5

Les phénomènes météorologiques extrêmes devraient se multiplier du fait du changement climatique. Ces événements ont un effet particulièrement dévastateur dans les pays pauvres. Les deux catégories de phénomènes climatiques extrêmes sont les suivantes :

- Les phénomènes simples tels que températures très basses ou très élevées
- Les phénomènes complexes : sécheresses, inondations, ouragans

Le phénomène de l'océan Pacifique El Niño/oscillation australe (ENSO), dont le cycle est d'environ cinq ans, a des effets climatiques sur de nombreuses régions du monde. La fréquence et/ou l'amplitude du phénomène El Niño augmenteront probablement à la suite du changement climatique.¹ Ce phénomène illustre bien la manière dont les événements climatiques extrêmes affectent la santé humaine.

Climat, conditions météorologiques, El Niño et maladies infectieuses

La température et l'eau de surface ont toutes deux une influence importante sur les insectes vecteurs de maladies infectieuses comme le paludisme ou de maladies virales comme la dengue et la fièvre jaune. Les moustiques ont besoin d'eau stagnante pour se reproduire et les insectes adultes d'humidité pour leur survie. La hausse des températures favorise la reproduction des vecteurs et réduit la période de maturation de l'agent pathogène dans l'organisme du vecteur. Cependant, une trop grande

chaleur ou un manque d'humidité peuvent nuire à la survie des moustiques.

De nos jours, le paludisme ne sévit que dans les régions tropicales et subtropicales. La sensibilité de la maladie au climat est illustrée par des zones en bordure de déserts et de hautes terres où des températures plus élevées et/ou des pluies associées à El Niño peuvent augmenter la transmission du paludisme.² Dans les zones de paludisme instable des pays en développement, les populations exemptes d'immunité sont plus exposées à des épidémies quand les conditions météorologiques favorisent la transmission.

La dengue est la plus importante arbovirose humaine des régions tropicales et subtropicales. Elle sévit notamment en milieu urbain. L'incidence de la dengue est fonction des perturbations d'ENSO qui obligent les populations à modifier leurs pratiques de stockage de l'eau et provoquent une accumulation des eaux de surface. De 1970 à 1995, le nombre annuel d'épidémies de dengue dans le Pacifique Sud a été corrélé avec les conditions déclenchées par La Niña (chaleur et humidité plus élevées).³

Les rongeurs, qui prolifèrent dans les régions tempérées après les hivers doux et pluvieux, sont les réservoirs de diverses maladies. Certaines maladies véhiculées par des rongeurs comme la leptospirose, la tularémie et les maladies hémorragiques virales

sont associées aux inondations. D'autres maladies liées aux rongeurs et aux tiques et qui sont fonction de la variabilité du climat sont la maladie de Lyme, l'encéphalite à tiques et le syndrome pulmonaire à hantavirus.

Un grand nombre de maladies diarrhéiques sont saisonnières, ce qui suggère une sensibilité au climat. Sous les tropiques, les maladies diarrhéiques sont particulièrement répandues pendant la saison des pluies. Les inondations aussi bien que les périodes de sécheresse font augmenter le risque de maladies diarrhéiques. Les fortes précipitations et les eaux contaminées sont les principales causes de diarrhée et des maladies qui y sont associées : choléra, cryptosporidium, infection à E.coli, Giarda, Shigella, typhoïde et maladies virales comme l'hépatite A.

Températures extrêmes : vagues de chaleur et vagues de froid

Les températures extrêmes peuvent causer la mort. Dans un grand nombre de pays tempérés, les taux de mortalité de la saison hivernale sont de 10 à 25% plus élevés qu'en été. En juillet 1995, à Chicago, une vague de chaleur a fait 514 morts (12 pour 100 000 habitants) et 3300 personnes de plus que d'habitude ont fait appel aux services d'urgence.

La plupart des décès supplémentaires lors de périodes de stress thermique se produisent chez des personnes souffrant déjà d'une maladie, surtout cardiovasculaire ou respiratoire. Les personnes très âgées, les tout petits et

les personnes de santé fragile sont les plus vulnérables. L'impact sur la mortalité d'événements tels qu'une vague de chaleur ne peut être déterminé avec certitude parce qu'un nombre indéterminé de ces décès se sont produits chez des personnes vulnérables qui seraient décédées dans un proche avenir.

Le changement climatique mondial s'accompagnera de vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses ainsi que d'étés plus chauds et d'hivers plus doux. Des études de modélisation prévisionnelle fondées sur des scénarios climatiques ont estimé la mortalité future liée à la température. On estime que la surmortalité estivale annuelle attribuable au changement climatique sera multipliée par 500 à 1000 à New York et par 100 à 250 à Détroit d'ici 2050, en supposant que la population se soit acclimatée (sur les plans physiologique, infrastructurel et comportemental)⁴ sans quoi cette mortalité sera encore plus élevée.

La mortalité hivernale directement attribuable au stress thermique est moins facile à déterminer. Dans les pays tempérés où le climat se modifie, il se peut que la baisse du nombre de décès en hiver excède la hausse en été. Tant que l'on ne dispose pas de données plus précises, il sera difficile d'estimer l'impact net de la température sur la mortalité annuelle qui, par ailleurs, variera d'une population à l'autre.

Catastrophes naturelles

Les effets des catastrophes naturelles météorologiques (sécheresses, inondations, tempêtes et feux de brousse) sur la santé sont difficiles à quantifier parce que les effets secondaires et différés sont insuffisamment signalés. Les événements provoqués par El Niño influent sur le nombre annuel des victimes de catastrophes naturelles.⁵ Sur le plan mondial, les catastrophes déclenchées par la sécheresse se produisent surtout l'année qui suit l'apparition du phénomène El Niño.

L'impact des catastrophes naturelles se fait sentir de plus en plus fortement dans le monde. D'après une analyse effectuée par la compagnie de réassurance Munich Re, le nombre de catastrophes naturelles a triplé au cours des 10 dernières années par rapport aux années 60. Ceci révèle l'évolution de la vulnérabilité des populations plutôt qu'une plus grande fréquence des événements climatiques extrêmes. Les

pays en développement ne sont pas assez équipés pour faire face à des conditions climatiques extrêmes alors même que la concentration démographique augmente dans les zones très exposées comme les zones côtières et les villes.

Le tableau 5.1 indique le nombre d'événements climatiques et météorologiques extrêmes, de personnes tuées et de personnes touchées par ces événements au cours des deux dernières décennies, par région.

Conclusion

Le nombre croissant de catastrophes naturelles est dû en partie à l'amélioration de l'information, en partie à une plus grande vulnérabilité des populations, et aussi sans doute au changement climatique en cours. Dans les pays pauvres en particulier, les effets des catastrophes et des maladies à transmission vectorielle peuvent entraver voire inverser le

développement social. Même dans des conditions favorables, il faut parfois plusieurs dizaines d'années pour qu'un pays se remette d'une catastrophe majeure.

Les prévisions météorologiques à court terme peuvent contribuer à réduire les effets sur la santé. Cependant, les systèmes d'alerte précoce doivent également incorporer le suivi et la surveillance associés à des capacités de réaction adéquates. En dirigeant leur attention sur les événements extrêmes actuels, les pays peuvent se doter de meilleurs moyens pour s'attaquer aux conséquences à plus long terme du changement climatique, bien que cette capacité puisse diminuer du fait des changements climatiques cumulés.

Tableau 5.1. Nombre d'événements climatiques/météorologiques, de personnes tuées et de personnes touchées par ces événements, par région, dans les années 80 et 90.

	Années 80			Années 90		
	Événements	Morts (milliers)	Personnes touchées (milliers)	Événements	Morts (milliers)	Personnes touchées (milliers)
Afrique	243	417	137.8	247	10	104.3
Europe de l'Est	66	2	0.1	150	5	12.4
Méditerranée orientale	94	162	17.8	139	14	36.1
Amérique latine et Caraïbes	265	12	54.1	298	59	30.7
Asie du Sud-Est	242	54	850.5	286	458	427.4
Pacifique occidental	375	36	273.1	381	48	1,199.8
Régions développées	563	10	2.8	577	6	40.8
Total	1,848	692	1,336	2,078	601	1,851

6 Changement climatique et maladies infectieuses

De nos jours, partout dans le monde, on constate la recrudescence de nombreuses maladies infectieuses, y compris certaines maladies nouvelles (VIH/SIDA, hantavirus, hépatite C, SRAS, etc.). Cette situation est due aux effets combinés des changements démographiques, environnementaux, sociaux et technologiques rapides ainsi que d'autres changements dans notre mode de vie. Le changement climatique influera également sur l'incidence des maladies infectieuses.¹

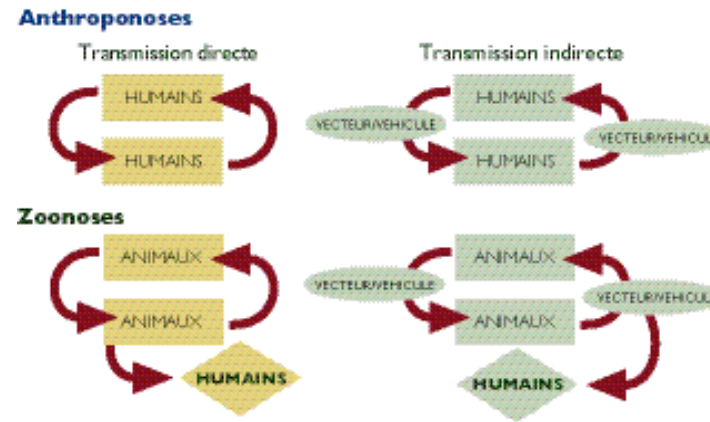
Bien avant la découverte, à la fin du XIX^e siècle, du rôle des agents infectieux, les humains savaient que les conditions climatiques avaient une incidence sur les maladies épidémiques. Les patriciens romains passaient leurs étés sur les hauteurs pour échapper au paludisme. Les Asiatiques du Sud n'ont pas tardé à apprendre que pendant les fortes chaleurs, les plats de curry très épicés étaient les moins susceptibles de provoquer la diarrhée.

Les agents infectieux varient grandement pour ce qui est de la taille, du type et du mode de transmission. Il y a des virus, des bactéries, des protozoaires et des parasites multicellulaires. Les microbes responsables des « anthroponoses » se sont adaptés en évoluant à l'espèce humaine qui est devenue leur hôte réservoir principal, et d'ordinaire exclusif. En revanche, les espèces non humaines sont le réservoir naturel des agents infectieux qui sont responsables des « zoonoses » (Figure 6.1). Certaines anthroponoses (tuberculose, VIH/SIDA et rougeole, par exemple) et zoonoses (par exemple la rage) sont transmises directement. Il y a aussi des anthroponoses (comme le paludisme, la dengue et la fièvre jaune) et des zoonoses (peste bubonique et maladie de Lyme, par exemple) qui sont à transmission vectorielle indirecte.

Maladies à transmission vectorielle et hydrique

Les maladies à transmission vectorielle sont déterminées par : i) la survie et la

Figure 6.1. Quatre types principaux de cycles de transmission des maladies infectieuses⁵



reproduction du vecteur ; ii) le taux de piqûre du vecteur ; iii) le taux d'incubation de l'agent pathogène dans l'organisme du vecteur. Les vecteurs, les agents pathogènes et les hôtes survivent et se reproduisent dans certaines conditions climatiques optimales dont les plus importantes sont la température et les précipitations, sans oublier le rôle que jouent l'élévation du niveau de la mer, le vent et le nombre d'heures d'éclairement naturel.

Les infections à transmission hydrique sont causées par l'eau (eau de boisson ou eau de baignade) ou la nourriture contaminées. Cette contamination peut être due à des actions humaines comme une mauvaise élimination des eaux usées, ou à des événements climatiques. Les pluies peuvent favoriser la dissémination des agents infectieux et la température influencer sur leur prolifération et survie.

Liens entre climat et maladies infectieuses : observations et prévisions

Il y a trois catégories de recherche sur les liens entre les conditions climatiques et la transmission des maladies infectieuses. La première étudie les éléments récents qui indiquent une association entre la variabilité du climat et l'incidence des maladies infectieuses. La seconde examine les indicateurs précoces des effets des changements climatiques à long terme sur les maladies infectieuses. La troisième utilise les éléments d'appréciation susmentionnés pour créer des modèles prévisionnels permettant d'estimer la charge future des maladies infectieuses dans le cadre de scénarios de changement climatique.

Indications historiques

On dispose de beaucoup d'éléments qui indiquent une association entre conditions climatiques et maladies infectieuses. Le paludisme, qui est sans doute la maladie à transmission

vectorielle la plus sensible à un changement climatique de longue durée, est un problème de santé publique important. Il a une incidence saisonnière dans les zones d'endémie élevée. Le lien entre le paludisme et les événements climatiques extrêmes fait depuis longtemps l'objet d'études dans divers pays dont l'Inde. Au début du siècle dernier, la région du Pendjab, drainée par les affluents de l'Indus, connaissait périodiquement des épidémies de paludisme. Les pluies abondantes de mousson et la forte humidité ont très vite été identifiées comme ayant une influence majeure

sur la reproduction et la survie des moustiques. Des analyses récentes démontrent que le risque d'épidémies est multiplié par cinq l'année suivant un épisode El Niño.

Impacts précoces du changement climatique
Parmi ceux-ci citons plusieurs maladies infectieuses, les effets sur la santé de températures extrêmes, et les effets d'événements climatiques et météorologiques extrêmes (décrits au chapitre 5).

Modélisation prévisionnelle
Les principaux types de modèles utilisés pour prédire les influences climatiques futures sur les maladies

infectieuses comprennent des modèles statistiques, des modèles de processus et des modèles de site³. Ces trois types de modèles ne traitent pas des mêmes questions.

Les modèles statistiques requièrent tout d'abord la dérivation d'une relation statistique (empirique) entre la distribution géographique actuelle de la maladie et les conditions climatiques actuelles spécifiques au lieu pour décrire l'influence du climat sur la distribution effective de la maladie étant donné les niveaux actuels d'intervention humaine (lutte contre la maladie, aménagement du milieu, etc.). En appliquant cette équation statistique aux scénarios climatiques futurs, la distribution effective future de la maladie est estimée dans l'hypothèse où les niveaux d'intervention humaine demeurent inchangés dans une zone climatique donnée. Ces modèles ont été appliqués aux effets du changement climatique sur le paludisme, la dengue et, aux Etats-Unis, sur l'encéphalite. Pour le paludisme, certains modèles montrent une augmentation nette des cas dans les 50 prochaines années, et d'autres une situation à peu près inchangée.

Les modèles (mathématiques) basés sur le processus climatique utilisent des équations exprimant la relation, étayée par des documents scientifiques, entre les variables climatiques et les paramètres biologiques, à savoir la reproduction, la survie et le taux de piqûres du vecteur, et le taux d'incubation du

parasite. Dans leur forme la plus simple ces modèles expriment, au travers d'une série d'équations, la manière dont une configuration donnée de variables climatiques influenceront sur la biologie du vecteur et du parasite et, par conséquent, sur la transmission de la maladie.

Etant donné que le climat affecte aussi l'habitat, la modélisation des sites est également utile. Il s'agit d'associer les modèles climatiques décrits ci-dessus aux méthodes analytiques spatiales pour étudier les effets des facteurs climatiques et d'autres facteurs environnementaux (par exemple, différents types de végétation – souvent mesurés, lors de l'élaboration du modèle, par des détecteurs au sol ou télécommandés).

Conclusion

Le changement climatique est sans doute responsable de la modification des modes de transmission des maladies infectieuses. Il convient d'étudier davantage les relations causales complexes sous-jacentes et d'appliquer ces connaissances à la prédiction d'effets futurs à l'aide de modèles intégrés, plus complets et mieux validés.

Tableau 6.1. Exemples de la manière dont différents changements environnementaux influent sur l'apparition de diverses maladies infectieuses chez l'homme⁵

Changements environnementaux	Exemples de maladies	Voie de cheminement des effets
Barrages, canaux, irrigation	Schistosomiase	▲ Habitat de l'escargot hôte, contact humain
	Paludisme	▲ Sites de reproduction pour les moustiques
	Helminthiases	▲ Contact larvaire du fait de l'humidité du sol
	Cécité des rivières	▼ Reproduction des simules ▼ maladie
Intensification de l'agriculture	Paludisme	Insecticides et ▲ résistance du vecteur
	Fièvre hémorragique du Venezuela	▲ abondance de rongeurs, contact
Urbanisation, surpeuplement urbain	Choléra	▼ assainissement, hygiène ; ▲ eaux contaminées
	Dengue fever	eau prise dans les détritiques ▲ sites de reproduction du moustique <i>Aedes aegypti</i>
	Leishmaniose cutanée	▲ proximité du phlébotome vecteur
Déboisement et nouvel habitat vulnérables	Paludisme	▲ Vecteurs et sites de reproduction, immigration des populations
	Oropouche	▲ contact, reproduction du vecteur
	Leishmaniose viscérale	▲ contact avec le phlébotome vecteur
Reboisement	Maladie de Lyme	▲ tiques hôtes, exposition en plein air
Réchauffement des mers	Marée rouge	▲ prolifération d'algues toxiques
Précipitations élevées	Fièvre de la vallée du Rift	▲ mares pour la reproduction des moustiques
	Syndrome pulmonaire Rà hantavirus	▲ aliments pour rongeurs, habitat, abondance

▲ augmentation ▼ réduction

7

De combien de maladies le changement climatique sera-t-il responsable ?

Pour éclairer la prise de décisions, il est nécessaire d'estimer l'ampleur approximative des effets du changement climatique sur la santé. Il sera ainsi possible d'indiquer les effets susceptibles d'être les plus grands et les régions où ils pourraient se produire, ainsi que la mesure dans laquelle la charge morbide attribuable au climat pourrait être évitée grâce à la réduction des émissions de gaz. Cette estimation servira également à orienter les stratégies de protection de la santé.

La charge mondiale de morbidité attribuable au changement climatique a été estimée récemment dans le cadre d'un projet global de l'Organisation mondiale de la Santé¹ visant à quantifier la charge morbide attribuable à 26 facteurs de risque liés à l'environnement, à l'activité professionnelle, au comportement et au mode de vie en 2000 et jusqu'en 2030.

Charge morbide et mesure synthétique de la santé

La charge de morbidité comprend le nombre total de cas de maladie ou de décès prématurés dans une population. Pour comparer la fraction de charge attribuable à plusieurs facteurs de risque différents, il faut tout d'abord connaître la gravité/incapacité et durée du déficit de santé et, deuxièmement, utiliser des unités normalisées de déficit de santé. L'indice AVCI² (années de vie corrigées de l'invalidité) est la somme :

- des années de vie perdues par décès prématuré (AVP)
- des années vécues avec une incapacité (AVI).

Le calcul de l'AVP tient compte de l'âge auquel le décès est survenu. Le calcul de l'AVI tient compte de la durée de la maladie, de l'âge auquel elle est survenue et d'un poids d'incapacité qui correspond à la gravité de la maladie.

Pour comparer les charges *attribuables* à des facteurs de risque disparates, il nous faut connaître : i) la charge

morbide de référence sans le facteur de risque en question ; ii) l'augmentation estimée du risque de morbidité/mortalité par unité d'augmentation de l'exposition au facteur de risque (le « risque relatif ») ; iii) la distribution dans la population de l'exposition actuelle ou future. On estime la *charge évitable* en comparant les charges projetées dans le cadre de différents scénarios d'exposition.

Les charges de morbidité ont été estimées pour cinq régions géographiques (Figure 7.1). La charge morbide attribuable a été estimée pour 2000. Pour les années 2010, 2020 et 2030, les risques relatifs liés au climat pour chaque effet sur la santé et dans le cadre de chacun des

scénarios de changement climatique par rapport à la situation où ce changement ne se produirait pas, ont été estimés.³ Le scénario de départ est 1990 (dernière année de la période 1961-1990 – période de référence utilisée par l'Organisation météorologique mondiale et le GIEC).

Les scénarios d'exposition future supposent les niveaux projetés d'émission de gaz à effet de serre suivants :

1. Niveaux d'émission pareils sans mitigation aucune (s'approchant du scénario « IS92a » du GIEC)
2. Réduction des émissions, et stabilisation à 750 ppm équivalent de CO2 d'ici 2210 (s750)

Figure 7.1. Impacts estimés du changement climatique en 2000 par région

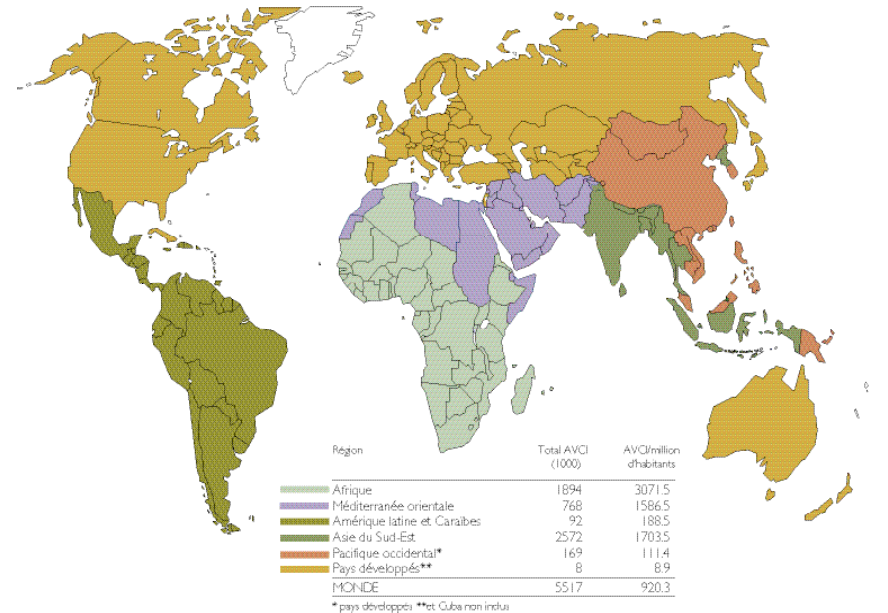


Tableau 7.1. Issues sanitaires sur lesquelles porte cette analyse

Effets	Effets sur la santé	Incidence/Prévalence
Maladies d'origine hydrique et alimentaire	Episodes de diarrhée	Incidence
Maladies à transmission vectorielle	Cas de paludisme	Incidence
Catastrophes naturelles*	Blessures mortelles involontaires	Prévalence
Risque de malnutrition	Non disponibilité de la ration calorique quotidienne recommandée	Prévalence

*Tous les impacts des catastrophes naturelles sont attribués séparément aux inondations côtières et aux inondations à l'intérieur des terres/glislements de terrain

3. Réduction plus rapide des émissions avec stabilisation à 550 ppm équivalent de CO₂ d'ici 2170 (s550).

Estimation des effets sur la santé

Ne sont abordés ici qu'un certain nombre d'effets sur la santé associés au changement climatique (Tableau 7.1) qui ont été retenues d'après : a) leur sensibilité aux variations climatiques ; b) leur importance future ; c) la disponibilité/faisabilité de modèles quantitatifs globaux.

Parmi d'autres effets possibles sur la santé qui ne sont pas actuellement quantifiables, on compte ceux qui sont dus :

- aux changements des niveaux d'aéroallergènes et de pollution de l'air
- à la modification de la transmission d'autres maladies infectieuses
- aux effets sur la production vivrière au travers des influences climatiques

sur les maladies des plantes et ennemis des cultures

- aux sécheresses et à la famine
- au déplacement des populations à cause des catastrophes naturelles, des mauvaises récoltes, du manque d'eau
- à la destruction des infrastructures sanitaires lors de catastrophes naturelles

- aux conflits concernant les ressources naturelles
- à l'impact direct de la chaleur et du froid (morbidity).

Tous les modèles publiés associant les changements climatiques à des estimations quantitatives globales d'incidences sur la santé (ou d'incidences qui affectent la santé, comme le rendement agricole) ont fait l'objet d'un examen. En l'absence de modèles globaux, des projections locales ou régionales ont été extrapolées. Les modèles ont été retenus une fois leur validité établie. L'interpolation linéaire a servi à

estimer les risques relatifs pour les années inter-scénarios.

Résumé des résultats

Le changement climatique influera sur la configuration des décès dus à l'exposition à des températures élevées ou basses. Cependant, l'effet sur la charge morbide effective ne peut être quantifié car nous ne savons pas combien de ces décès se sont produits chez des personnes malades/fragiles qui allaient bientôt mourir.

En 2030, le risque estimé de diarrhée sera, dans certaines régions, de 10% plus élevé que s'il n'y avait pas eu de changement climatique. Etant donné que peu d'études ont défini ce rapport particulier d'exposition-réaction, ces estimations sont incertaines.

Les effets estimés sur la malnutrition varient considérablement d'une région à l'autre. D'ici 2030, les risques relatifs si les émissions ne sont pas atténuées par rapport aux risques en l'absence de modification du climat vont d'une augmentation importante dans la région de l'Asie du Sud-Est à une légère diminution dans le Pacifique occidental. Dans l'ensemble, bien que les estimations des changements des risques soient quelque peu instables du fait des variations régionales en matière de précipitations, elles ont néanmoins trait à une importante charge morbide concernant un très grand nombre de personnes.

La modification estimée du nombre de personnes tuées ou blessées dans les inondations côtières est importante proportionnellement, bien que le nombre soit faible en valeur absolue. Les inondations à l'intérieur des terres devraient augmenter dans la même proportion et devraient en général provoquer une plus forte augmentation de la charge morbide. Si les augmentations proportionnelles sont les mêmes dans les pays développés et les pays en développement, les taux de départ sont beaucoup plus élevés dans les pays en développement.

On prévoit des changements dans les diverses maladies infectieuses à transmission vectorielle et notamment le paludisme dans les régions en bordure des zones d'endémie actuelles. Il est probable que des changements moins grands se produiront dans les zones d'endémie. La plupart des régions tempérées continueront à être exemptes de transmission soit parce que le climat ne s'y prête pas (comme dans presque toute l'Europe) soit parce que les conditions socioéconomiques feront obstacle à une réinvasion (sud des Etats-Unis, p. ex.).

L'application de ces modèles aux charges de morbidité actuelles donne à penser que si nous avons bien compris les relations entre le climat et la maladie, nous pouvons dire que le changement climatique influe sans doute déjà sur la santé humaine.

8

Appauvrissement de la couche stratosphérique, rayonnement ultraviolet et santé

A proprement parler, l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique ne fait pas partie du « changement climatique global » qui se situe dans la troposphère. Toutefois, de nombreuses interactions entre l'appauvrissement de la couche d'ozone et le réchauffement dû aux gaz à effet de serre ont été décrites récemment.

Il y a 100 ans, les scientifiques auraient accueilli avec scepticisme l'idée qu'à la fin du XX^e siècle l'humanité altérerait la stratosphère. Pourtant, c'est bien ce qui se produit : *Homo sapiens*, après 8000 générations, a commencé à appauvrir la couche d'ozone stratosphérique.

L'ozone de la stratosphère absorbe une grande partie du rayonnement solaire ultraviolet et notamment les rayonnements à longueurs d'onde plus petites qui sont plus dangereux sur le plan biologique. Nous savons à présent que divers produits chimiques industriels halogénés comme les chlorofluorocarbones (CFC – employés pour la réfrigération, l'isolation et comme propulseurs dans les aérosols) et le bromure de méthyle, qui sont inertes à la température de la surface terrestre, réagissent avec l'ozone dans la stratosphère polaire extrêmement froide. La destruction de l'ozone se produit surtout à la fin de l'hiver et au début du printemps.

Pendant les années 80 et 90, dans les moyennes latitudes septentrionales (Europe, p. ex.), la concentration annuelle moyenne a diminué d'environ 4% par décennie ; dans les régions australes – Australie, Nouvelle-Zélande, Argentine, Afrique du Sud – cette diminution a été de près de 6 à 7%. Estimer les changements concomitants du rayonnement ultraviolet à la surface terrestre demeure complexe sur le plan technique. Toutefois, il est probable que l'exposition dans les

latitudes moyennes septentrionales atteigne un maximum vers 2020, l'augmentation du rayonnement ultraviolet par rapport aux niveaux des années 80 étant estimée à 10%.¹

Au milieu des années 80, les gouvernements ont reconnu le nouveau danger que présentait l'appauvrissement de la couche d'ozone. Le Protocole de Montréal de 1987 a été adopté et ratifié par de très nombreux pays, et l'élimination progressive des principaux gaz qui détruisent l'ozone a ainsi commencé. Le Protocole a été rendu plus rigoureux dans les années 90. Les scientifiques prévoient une régénération lente mais presque complète de l'ozone stratosphérique d'ici le milieu du XXI^e siècle.

Principaux types d'incidences sur la santé

On trouvera au tableau 8.1 l'ensemble des effets certains ou possibles de l'appauvrissement de l'ozone ainsi qu'une brève évaluation des éléments indiquant que le rayonnement ultraviolet en est la cause.

D'après grand nombre d'études épidémiologiques, le rayonnement solaire est l'une des causes du cancer de la peau (mélanomes et autres types de cancers) chez les humains à peau claire.² Les évaluations récentes du Programme des Nations Unies pour l'environnement prévoient une augmentation de l'incidence des cancers de la peau et de la gravité des coups de soleil due à l'appauvrissement de l'ozone

stratosphérique¹ pendant au moins la première moitié du XXI^e siècle (et sous réserve de changements dans les comportements individuels).

Les groupes les plus vulnérables au cancer de la peau sont les personnes de race blanche et surtout celles d'origine celte qui vivent dans des régions où le rayonnement ultraviolet ambiant est élevé. Par ailleurs, les populations, sous l'effet de la mode, ont changé de comportement et s'exposent beaucoup plus aux ultraviolets en prenant des bains de soleil pour bronzer. L'augmentation notable de cancers de la peau chez les populations occidentales au cours de ces dernières décennies est en grande partie le résultat d'un amalgame entre antécédents, post-migration, vulnérabilité géographique et comportements modernes.

Tableau 8.1. Résumé des effets possibles du rayonnement solaire ultraviolet sur la santé humaine

Effets sur la peau

- Mélanome malin
- Cancer de la peau non mélanocytaire – épithélioma basocellulaire, épithélioma spinocellulaire
- Coups de soleil
- Lésions chroniques dues au soleil
- Photodermatose

Effets sur les yeux

- Photokératite aiguë et photo conjonctivite

- Dystrophie cornéenne nodulaire
- Ptérygion
- Cancer de la cornée et de la conjonctive
- Opacité du cristallin (cataracte) – corticale, sous-capsulaire postérieure
- Mélanome de l'uvée
- Rétinopathie solaire aiguë
- Dégénérescence maculaire

Effets sur l'immunité et les infections

- Suppression de l'immunité à médiation cellulaire
- Vulnérabilité accrue aux infections
- Affaiblissement de l'immunisation prophylactique
- Activation des infections virales latentes

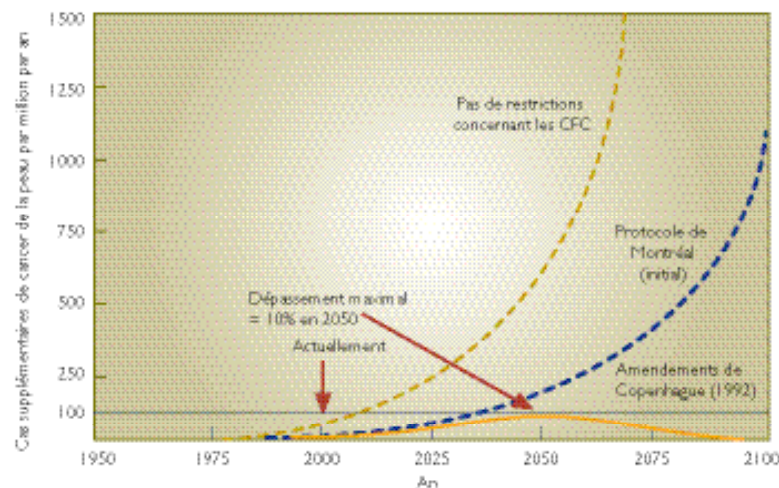
Autres effets

- Production cutanée de vitamine D – prévention du rachitisme, de l'ostéomalacie et de l'ostéoporose
- Bienfaits possibles pour les cas d'hypertension, de cardiopathie ischémique et de tuberculose
- Possibilité de risque décreu de schizophrénie, cancer du sein et cancer de la prostate
- Prévention possible du diabète de type 1
- Etat de santé altéré – cycles veille/sommeil – dépression saisonnière – humeur

Effets indirects

- Effets sur le climat, les disponibilités alimentaires, les vecteurs de maladies infectieuses, la pollution de l'air, etc.

Figure 8.1. Estimation de la dégradation de la couche d'ozone et de l'incidence du cancer de la peau pour examiner les résultats du Protocole de Montréal. (repris et adapté de l'ouvrage cité à la référence 6)



Les scientifiques prévoient que du fait de l'appauvrissement récent de l'ozone stratosphérique qui se poursuivra pendant une ou deux décennies (par l'effet cumulé des expositions répétées aux rayons UVB), l'incidence des cancers de la peau augmentera chez les populations à peau claire vivant sous des latitudes moyennes à hautes.³ Au moyen de la modélisation des niveaux futurs d'ozone et d'études portant sur l'exposition au rayonnement ultraviolet, on a estimé qu'une population « européenne » vivant sous une latitude d'environ 45° nord connaîtra, d'ici 2050, une augmentation d'environ 5% des cas de cancers de la peau (en supposant qu'il n'y ait pas de changement dans la structure par âge). L'estimation équivalente pour la population des Etats-Unis donne une augmentation de 10%.

Les études de laboratoire indiquent que l'exposition aux rayons ultraviolets et notamment aux UVB provoque une opacification du cristallin chez divers mammifères. Les preuves épidémiologiques du rôle des rayons UV dans l'opacité du cristallin humain sont contrastées. Les cataractes sont plus fréquentes dans certains pays, mais pas dans tous, où les niveaux de rayonnement ultraviolet sont élevés.

Chez les humains et les animaux de laboratoire, l'exposition aux UV, y compris dans la limite environnementale ambiante, entraîne une immunosuppression à la fois localisée et dans tout le corps.⁴ Cette immunosuppression pourrait avoir une incidence sur les pathologies infectieuses. Elle pourrait également influencer sur la survenance et la

progression de diverses maladies auto-immunes et, ce qui est moins certain, sur l'efficacité des vaccins.⁵

Enfin, il y a une dimension écologique plus grande dont il faut tenir compte. Le rayonnement ultraviolet altère la chimie moléculaire de la photosynthèse sur terre (plantes terrestres) et dans les mers (phytoplancton) et pourrait donc nuire, ne serait-ce qu'un peu, à la production vivrière, contribuant ainsi aux problèmes nutritionnels et de santé des populations confrontées à l'insécurité alimentaire. On dispose toutefois de peu de données sur cet effet moins direct.

Conclusion

Encourager le public à éviter totalement de s'exposer au soleil et à ses rayons « toxiques » constitue une réponse simpliste face aux problèmes du danger de l'exposition aux UV résultant de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique. Il s'agit d'expliquer, au moyen de messages didactiques, les avantages ainsi que les dangers de l'exposition aux UV. Néanmoins, il nous faut être vigilants et ne pas oublier que l'appauvrissement de la couche d'ozone peut augmenter certains risques pour la santé.

9 Bilans nationaux des effets du changement climatique sur la santé

Les bilans, même approximatifs, des effets potentiels du changement climatique sur la santé sont un apport essentiel aux discussions sur la politique à mener concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation sociale au changement du climat. Les sociétés doivent réagir malgré les incertitudes inévitables. En effet, en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (1992), il appartient aux gouvernements nationaux d'effectuer une évaluation formelle des risques pour la santé de leurs populations que pose le changement climatique global.

On entend par évaluation de l'impact sur la santé la combinaison de procédures, méthodes et outils au moyen desquels on peut jauger les effets potentiels sur la santé d'une population d'une politique, d'un projet ou d'un risque, et la distribution de ces effets au sein de la population.¹ Malgré les progrès récents des méthodes d'évaluation, leur pleine intégration dans l'élaboration des politiques laisse encore à désirer. Par ailleurs, ces évaluations ont trait d'ordinaire aux effets sur la santé dans les 10 à 20 années à venir (p.ex., effets imputables aux taux actuels de tabagisme ou d'obésité, ou au vieillissement de la population) et non sur des périodes de 50 à 100 ans comme c'est le cas pour les projections du changement climatique. On a donc besoin d'évaluations basées sur des scénarios qui incorporent et communiquent un niveau d'incertitude plus élevé. La figure 9.1 illustre les étapes de l'évaluation des effets du changement climatique et de l'adaptation.

Un grand nombre d'évaluations nationales différentes ont été réalisées. Les évaluations de base décèlent les types d'effets potentiels, mais ne donnent pas beaucoup d'indications quant à leur importance. En revanche, on effectue aussi des bilans exhaustifs qui bénéficient d'un bon financement et appui. Dans celui des Etats-Unis, publié en 2000, la santé de la population était l'un des cinq secteurs cibles inclus dans les 16 évaluations régionales détaillées et dans l'évaluation globale. Les parties prenantes ont participé à ce bilan qui a fait l'objet de nombreuses consultations et d'un examen collégial.³ On trouvera d'autres points de comparaison dans l'encadré qui met en rapport deux bilans nationaux.

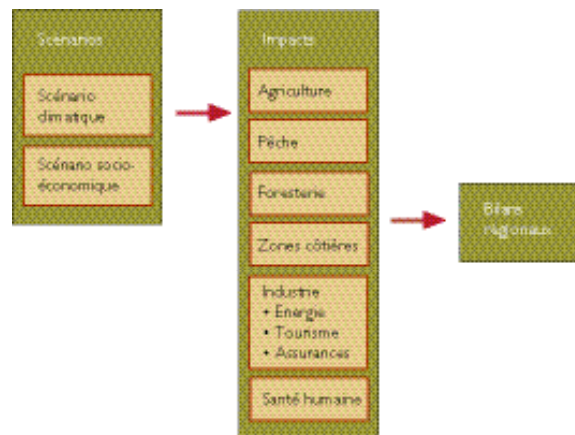
Les Etats-Unis, le Canada, le Royaume-Uni et le Portugal ont effectué des bilans plurisectoriels très complets. Dans les pays en développement, les évaluations ont été

menées uniquement dans le cadre d'initiatives de renforcement des capacités financées par des bailleurs de fonds. (Il se peut que des évaluations locales des effets potentiels du changement climatique sur la santé aient été menées, mais si c'est le cas, ces études font partie de la littérature grise et, de ce fait, ne sont pas largement diffusées.) Les effets sur la santé énumérés se rapportent aux effets probables signalés pour le pays en question. Le niveau d'incertitude attaché à ces bilans est rarement décrit. Les maladies à transmission vectorielle, et notamment le paludisme, ont été amplement traitées, mais ce n'est pas le cas d'autres effets, potentiellement plus grands, comme les catastrophes climatiques.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de ces expériences :

- Les bilans doivent être axés sur les priorités des régions et des pays pour déterminer les effets sur la santé devant être pris en compte. Les différentes situations de santé et institutionnelles doivent être régies par différentes lignes directrices.
- Les évaluations de l'impact sur la santé sont un moyen d'action ; par conséquent, le processus d'évaluation, et notamment la participation des parties prenantes, revêt une grande importance.
- Les évaluations devraient établir un programme pour la recherche future. Presque tous les bilans réalisés à ce jour ont recensé des lacunes en matière de recherche et énoncent souvent avec précision des questions

Figure 9.1. Etapes de l'évaluation des impacts du changement climatique et de l'adaptation (référence 2)



auxquelles la recherche se doit de répondre.

- Les évaluations devraient être associées à des activités de suivi, à savoir observation et comptes-rendus sur l'évolution récente.

L'élaboration de lignes directrices formelles pour les bilans nationaux des effets sur la santé contribuera à améliorer les méthodes utilisées, à normaliser dans une certaine mesure les résultats et à faciliter la conception d'indicateurs pertinents. Santé Canada a préparé un cadre initial⁶ qui préconise trois étapes distinctes pour l'évaluation :

1. Cadrage : pour cerner le problème relatif au changement climatique (préoccupations intéressant les groupes vulnérables) et son contexte, décrire la situation actuelle (charge et risques de morbidité), trouver des partenaires pour l'évaluation et définir les questions importantes.
2. Évaluation : estimation des effets futurs et de la capacité d'adaptation, et évaluation des plans, politiques et programmes d'adaptation.
3. Gestion des risques : mesures visant à minimiser les effets sur la santé, y compris les évaluations complémentaires.

Pour mener à bien ce type d'évaluation de l'incidence sur la santé de grands changements climatiques-environnementaux, il faut disposer de lignes directrices conformes au cadre traditionnel de l'évaluation de l'impact sur la santé de

l'OMS et d'autres institutions internationales. Ainsi, il sera possible de transposer le débat sur la politique à mener du domaine de l'impact sur l'environnement à celui de l'impact sur la société et sur la santé publique. Dans la plupart des pays à l'heure actuelle, la différenciation par secteur et le contexte politique y afférent ne sont guère propices à la collaboration intersectorielle.

Le défaut de grand nombre d'évaluations des effets du changement climatique sur la santé est de ne pas donner une place assez grande aux capacités d'adaptation des populations et aux possibilités d'action. Les stratégies visant à renforcer l'adaptation doivent promouvoir des mesures appropriées non seulement aux conditions présentes, mais qui créent aussi la capacité de détecter les stress et risques futurs inattendus et d'y réagir. En remettant en état et en améliorant l'infrastructure générale de la santé publique on rend la population moins vulnérable aux effets du changement climatique. A long terme, il conviendra essentiellement d'améliorer les conditions sociales et matérielles des populations et aplanir les inégalités si l'on veut réduire de manière durable la vulnérabilité au changement climatique mondial.

Encadré : Comparaison des bilans du Royaume-Uni et de Fidji

Le bilan du Royaume-Uni s'est employé à trouver les résultats quantitatifs des effets sur la santé ci-dessous⁴ pour trois périodes temporelles et quatre scénarios climatiques :

- Nombre de décès imputables à la chaleur et au froid et nombre d'hospitalisations
- Nombre de cas d'intoxication alimentaire
- Modification de la distribution du paludisme à *Plasmodium falciparum* (dans le monde), de l'encéphalite à tiques (en Europe) et de la transmission saisonnière du paludisme à *P. vivax* (au Royaume-Uni)
- Nombre de cas de cancer de la peau imputables à la dégradation de l'ozone stratosphérique.

L'incertitude des estimations est admise. Les principales conclusions du rapport ont trait aux incidences de l'augmentation des inondations fluviales et côtières ainsi que des grandes tempêtes hivernales. Le rapport traite aussi avec précision de l'équilibre entre les avantages potentiels et les effets néfastes du changement climatique : la diminution potentielle des décès dus au froid grâce à des hivers plus doux est de loin supérieure à l'augmentation potentielle des décès imputables à la chaleur. En outre, on prévoit que le changement climatique réduira les maladies et les décès liés à la pollution de l'air, mais pas les maladies et décès associés à l'ozone de la troposphère qui se formera plus rapidement avec l'élévation des températures.

Le bilan de Fidji traite des effets sur la santé dans le cadre des services de santé en place. Les principaux problèmes de santé du pays sont la dengue (épidémie en 1998), les maladies diarrhéiques et les maladies liées à la nutrition. Les îles sont exemptes de paludisme et malgré un climat favorable il n'y a pas eu installation de moustiques anophèles. Par conséquent, il a été estimé que le risque d'introduction du paludisme et d'autres maladies transmises par des moustiques était très faible. Par contre, la filariose est une maladie à transmission vectorielle importante dans les îles qui risque fort de prendre de l'ampleur si le climat se réchauffe. La distribution du vecteur (*Aedes polynesiensis*) pourrait aussi être modifiée par une élévation du niveau de la mer étant donné qu'il se reproduit dans les eaux saumâtres. Un modèle de transmission de la dengue a été incorporé à un modèle d'impact climatique élaboré par les Îles du Pacifique (PACCLIM). La modélisation indique que le changement climatique pourrait avoir pour effet de prolonger la période de transmission et d'élargir l'aire de distribution de la maladie.

Les maladies diarrhéiques sont susceptibles d'augmenter avec le réchauffement et des cycles de précipitation altérés. Toutefois, aucun élément de preuve n'a été avancé concernant l'association entre les inondations ou les fortes précipitations et les cas de diarrhée. La sécheresse de 1997/1998 (associée au phénomène El Niño) a eu de grandes répercussions sur la santé dont les maladies diarrhéiques, la malnutrition et les carences en micronutriments chez les nourrissons et les enfants.⁵

10

Suivi des effets du changement climatique sur la santé

Pour étayer les politiques nationales et internationales relatives aux mesures de protection de la santé publique, il est nécessaire de déceler et de mesurer les incidences du changement climatique sur la santé. Les mesures de protection comprennent notamment l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

Pour apporter des preuves concluantes, il faut disposer de données concluantes. Le climat varie naturellement ainsi qu'en réaction aux activités humaines et il est à son tour l'un des nombreux déterminants de la santé. Par conséquent, il n'est guère facile d'évaluer l'incidence du changement climatique sur la santé. En outre, le processus climatique n'est décelable que sur des dizaines d'années et les effets concomitants sur la santé prendront également du temps pour se manifester.

On entend par suivi la réalisation et l'analyse de mesures systématiques visant à détecter des changements dans l'environnement ou la santé des populations.¹ Il est possible, au moyen de recherches en santé publique, de mesurer les changements d'un impact précis sur la santé et d'attribuer cette tendance à des changements dans un facteur de risque à action directe. Le suivi des incidences du changement climatique sur la santé est toutefois beaucoup plus complexe car il comporte trois éléments principaux :

i) Distinction entre « changement climatique » apparent et réel

Le climat fluctue naturellement en permanence et de nombreux indices sanitaires présentent des fluctuations saisonnières. La démonstration de cette relation n'apporte pas la preuve directe que le changement climatique s'est en effet produit, mais confirme simplement que ces maladies varient selon les saisons ou le climat. Une surmortalité due à la chaleur lors d'un été particulièrement chaud ou même

d'une succession d'étés très chauds indique que le changement climatique a le potentiel d'augmenter la mortalité, mais ne prouve pas que la mortalité a augmenté à cause du changement climatique. Pour ceci, il faudrait apporter la preuve d'un changement des conditions climatiques « initiales », à savoir que la succession d'étés chauds était exceptionnelle et qu'elle est le résultat du changement climatique et non une variation aléatoire.

ii) Attribution

Comme le climat est l'un des nombreux facteurs qui influent sur la santé, l'attribution d'un changement observé de la santé à un changement associé au climat n'est pas simple. Il faut d'abord faire la part de l'influence de changements concomitants d'autres facteurs environnementaux, sociaux ou comportementaux.

iii) Modification de l'effet

Avec le temps, à mesure que le climat se modifie, d'autres changements peuvent également se produire et rendre les populations plus ou moins vulnérables aux influences météorologiques. Par exemple, la vulnérabilité aux événements climatiques extrêmes, notamment inondations et tempêtes, dépendra du lieu où les habitations sont construites et de la manière dont elles le sont, des mesures de protection qui ont été prises, et de la modification de l'utilisation des sols. Pour assurer un suivi efficace, il faut mesurer en parallèle la population et les données environnementales afin d'étudier les influences modificatrices éventuelles.

Principes généraux

La sélection des maladies et des environnements à suivre doit se faire selon les critères suivants :

- Signes de sensibilité au climat – devant être démontrés soit par les effets observés des variations climatiques temporelles ou géographiques sur la santé, soit en fournissant la preuve des effets du climat sur des composantes du processus de transmission de la maladie in situ ou en laboratoire.
- Fardeau important pour la santé publique – il faut de préférence cibler le suivi sur les maladies qui présentent une menace importante pour la santé publique comme les maladies particulièrement graves et/ou très répandues ou celles qui sont susceptibles de le devenir si les conditions climatiques venaient à changer.
- Considérations pratiques – les considérations d'ordre logistique sont importantes étant donné que le suivi ne peut se faire que si les indices sanitaires et d'autres paramètres environnementaux sont consignés systématiquement de manière fiable et cohérente. Il faut évidemment choisir pour le suivi, les sites où les changements sont le plus susceptibles de se produire sans oublier qu'il doit s'y trouver les moyens nécessaires à effectuer des mesures fiables.

Besoins en information et sources d'information

Les données nécessaires au suivi des effets du climat sur la santé comprennent : i) les variables

climatiques ; ii) les marqueurs de la santé des populations ; iii) d'autres facteurs explicatifs non climatiques (Tableau 10.1).

Le choix des variables non climatiques dépendra de la maladie en question, mais les principales catégories de facteurs de confusion ou de modification comprennent :

- a structure par âge de la population
- les taux sous-jacents de morbidité, notamment les maladies cardiovasculaires et respiratoires et les maladies diarrhéiques
- le niveau de développement socio-économique
- les conditions environnementales, à savoir utilisation des terres, qualité

de l'air, habitat

- la qualité des soins de santé
- les mesures de lutte telles que les programmes de lutte anti-vectorielle.

Catégories d'effets sur la santé : besoin en données, opportunités

Pour suivre les effets sur la santé des températures extrêmes, on peut obtenir dans grand nombre de pays des données fiables sur la température et la mortalité/morbidité. La recherche doit s'attacher à estimer la mesure dans laquelle la relation température-mortalité/morbidité est modifiée par des facteurs personnels, sociaux et environnementaux. Les bases de données comme EM-DAT sur les phénomènes climatiques extrêmes

peuvent s'avérer d'une grande utilité. Pour en profiter au maximum, il faut pouvoir disposer de rapports complets et cohérents sur les événements extrêmes se produisant sur une vaste zone géographique, ainsi que de définitions normalisées des événements et de méthodes d'attribution. Les données de suivi actuelles ne donnent qu'une quantification générale de la relation entre le climat et la plupart des maladies à transmission vectorielle. Pour pouvoir estimer la contribution du climat à l'évolution à long terme on a besoin de données corrélatives sur des facteurs comme l'utilisation des sols, la profusion des hôtes et les mesures d'intervention.

Conclusion

Quelles que soient les formes du suivi, l'interprétation des faits observés sera renforcée par des mesures de normalisation, de formation et d'assurance/contrôle de la qualité. Les modifications de l'état de santé des populations observées sur de longues séries chronologiques sont particulièrement informatives lorsque la relation climat-maladie est très marquée (grande sensibilité de la maladie au climat). Les mesures de suivi gagneront en efficacité moyennant une collaboration internationale et leur intégration dans les réseaux de surveillance en place.

Tableau 10.1. Données requises pour suivre les incidences du climat sur la santé

	Effets principaux	Populations/lieux à suivre	Sources et méthodes d'acquisition des données sanitaires	Données météorologiques	Autres variables
Extrêmes thermiques	Mortalité journalière ; hospitalisations ; fréquentation des dispensaires/services d'urgence	Populations urbaines, notamment dans les pays en développement	Registres nationaux et sous-nationaux des décès (données relatives à telle ou telle ville, p. ex.)	Températures journalières (min/max ou moyenne) et hygrométrie	Facteurs de confusion : grippe et autres infections respiratoires ; pollution de l'air Facteurs de modification : conditions de vie (p.ex., climatisation à domicile/sur le lieu de travail), approvisionnement en eau
Événements climatiques extrêmes (inondations, vents violents, sécheresses)	Décès attribués ; hospitalisations ; données de surveillance des maladies infectieuses ; (santé mentale) ; état nutritionnel	Toutes les régions	Registres sous-nationaux d'état civil (décès) ; registres locaux de santé publique	Données sur les événements météorologiques : étendue, durée et gravité	Interruption/contamination des réserves alimentaires et de la distribution d'eau ; perturbation des transports. Déplacement des populations Les paramètres précédents auront une incidence indirecte sur la santé
Maladies d'origine hydrique et alimentaire	Morbidité et mortalité attribuables à ces maladies	Toutes les régions	Registres d'état civil (décès) ; cas notifiés par la surveillance nationale et sous-nationale	Températures hebdomadaires/journalières ; précipitations pour les maladies d'origine hydrique	Tendances à long terme dominées par les interactions hôte/agent (p.ex., S. enteritidis chez les volailles) dont les effets sont difficiles à quantifier. Les indicateurs peuvent être basés sur les caractères saisonniers
Maladies à transmission vectorielle	Populations de vecteurs ; notifications des maladies ; distribution temporelle et géographique	Marges de distribution géographique (p.ex., changements de latitude, altitude) et temporalité dans les zones d'endémie	Enquêtes locales ; données courantes de surveillance (disponibilité variable)	Températures hebdomadaires/journalières, hygrométrie et précipitations	Utilisation des sols ; configuration en surface de l'eau douce

11

Adaptation et capacité d'adaptation pour atténuer les effets néfastes pour la santé

Même si l'on parvient à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans un avenir proche, le climat de la Terre continuera à évoluer. Par conséquent, il convient d'envisager des stratégies d'adaptation permettant de réduire la charge de morbidité, les traumatismes, les incapacités et les décès.

Le GIEC a défini comme suit adaptation et capacité d'adaptation¹:

Adaptation : Réaction des systèmes naturels ou humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, de façon à atténuer leurs inconvénients ou à tirer parti de leurs avantages.

Capacité d'adaptation : Capacité d'un système de s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes), de façon à atténuer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes et à faire face aux conséquences.

La mesure dans laquelle la santé humaine est affectée dépend de : i) l'exposition des populations au changement climatique et à ses

conséquences environnementales ; ii) la sensibilité de la population à l'exposition ; iii) la capacité des systèmes et populations touchés à s'adapter (Figure 11.1). Il nous faut donc comprendre comment les décisions concernant l'adaptation sont prises, et notamment le rôle des particuliers, des communautés, des nations, des institutions et du secteur privé.

Adaptation et prévention

De nombreuses mesures d'adaptation ont des avantages autres que ceux associés au changement climatique. La remise en état et le maintien de l'infrastructure de santé publique est souvent considérée comme la stratégie d'adaptation la plus importante, la plus rentable et la plus immédiatement nécessaire.¹ Cette stratégie doit, bien entendu, inclure la

formation en santé publique, une surveillance et des systèmes d'intervention plus efficaces en cas de situations d'urgence, ainsi que des programmes viables de prévention et de lutte.

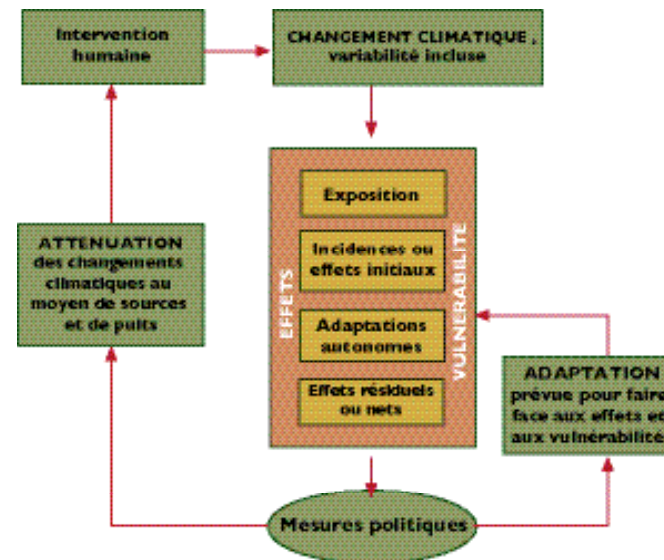
Les événements climatiques extrêmes auront des effets différents selon les capacités d'adaptation des populations touchées. Par exemple, des cyclones en 1970 et en 1991 ont fait au Bangladesh 300 000 et 139 000 morts respectivement.² En revanche, l'ouragan Andrew qui a frappé les Etats-Unis en 1992 a fait 55 victimes (tout en causant également près de \$30 milliards de dégâts³). Il faut donc étudier les stratégies d'adaptation au climat en tenant compte d'éléments plus généraux comme la croissance démographique, la pauvreté, l'assainissement, les soins de santé, la nutrition et la dégradation de l'environnement qui influent sur la vulnérabilité d'une population et sa capacité à s'adapter.

Les mesures qui renforcent la capacité d'une population à s'adapter peuvent la protéger contre la variabilité du climat actuelle ainsi que contre les changements climatiques futurs. Ces mesures d'adaptation « sans regrets » pourraient être particulièrement utiles pour les pays en développement dont les capacités d'adaptation sont présentement plutôt faibles.

Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation concerne aussi bien des traits effectifs que potentiels. Ainsi, elle englobe à la fois la capacité actuelle d'adaptation et les stratégies visant à augmenter les capacités futures. Par exemple, l'accès

Figure 11.1. Relations entre vulnérabilité et effets (y compris risques et opportunités) et les principales options de la société en matière de réaction – ex., atténuation des émissions de gaz à effet de serre et adaptation (Source : référence 1)



à l'eau non contaminée fait partie de la capacité d'adaptation actuelle des pays développés, mais représente une capacité d'adaptation potentielle dans grand nombre de pays moins développés.

On pense que les systèmes hautement aménagés, comme l'agriculture et les ressources en eau des pays développés, sont plus adaptables que les écosystèmes moins aménagés ou naturels. Malheureusement, certaines composantes des systèmes de santé publique tendent à se relâcher quand un danger particulier perd de son acuité. Par exemple, le spectre des maladies infectieuses a semblé s'éloigner il y a 30 ans grâce au développement des antibiotiques, des vaccins et des pesticides. De nos jours cependant, nous assistons à une recrudescence des maladies infectieuses et il nous faut redynamiser les mesures de santé publique nécessaires.

Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation d'une communauté sont les suivants : richesse économique, technologie, information et compétences, institutions et équité. La capacité d'adaptation est également fonction de l'état de santé actuel de la population et de la charge de morbidité qui existait déjà.

Ressources économiques

Les pays riches sont plus à même de s'adapter car ils disposent des ressources nécessaires pour investir et pour résorber les coûts d'adaptation. En général, la pauvreté accroît la vulnérabilité – or, près d'un cinquième des habitants de cette planète ont moins d'un dollar par jour pour vivre.

Technologie

L'accès à la technologie dans les secteurs et contextes clés (agriculture, ressources en eau, soins de santé, urbanisme, etc.) est un déterminant important de la capacité d'adaptation. Grand nombre de stratégies d'adaptation visant à protéger la santé impliquent un recours à la technologie. Or, celle-ci est parfois bien établie, parfois nouvelle et en cours de diffusion, et parfois encore en voie d'élaboration.

Il convient d'estimer à l'avance les risques pour la santé que pourraient présenter les adaptations technologiques prévues. Par exemple, un recours accru à la climatisation permet de se protéger contre le stress thermique mais pourrait augmenter les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants atmosphériques. Des « défenses » côtières mal conçues peuvent rendre ces zones plus vulnérables aux courants de marée en donnant à la population un faux sentiment de sécurité qui pourrait la pousser à s'établir sur le littoral.

Information et compétences

En général, les pays qui ont le plus de « capital humain » ou de connaissances ont une plus grande capacité d'adaptation.¹ L'analphabétisme rend une population plus vulnérable à grand nombre de problèmes.⁴ Les systèmes de santé utilisent une main-d'œuvre abondante et ont besoin de personnel qualifié et expérimenté, notamment du personnel formé à la gestion, au contrôle de la qualité et au maintien de l'infrastructure de santé publique.⁵

Infrastructure

Une infrastructure spécialement conçue pour réduire la vulnérabilité à la variabilité du climat (structures de protection contre les inondations, climatisation, isolation des bâtiments, p. ex.) ainsi qu'une infrastructure de santé publique (assainissement, systèmes de traitement des eaux usées, laboratoires, etc.) renforcent la capacité d'adaptation. Néanmoins, les infrastructures, surtout si elles sont inamovibles, peuvent être endommagées par les aléas climatiques et notamment par les événements extrêmes comme les inondations ou les ouragans.

Institutions

Les pays dont les mécanismes institutionnels ne sont pas très solides ont moins de capacité d'adaptation que ceux dont les institutions sont bien établies.¹ Par exemple, les insuffisances institutionnelles et administratives du Bangladesh contribuent à sa vulnérabilité au changement climatique.

La collaboration entre les secteurs public et privé peut accroître la capacité d'adaptation. L'Opération Médicaments Antipaludiques, initiative conjointe des secteurs public et privé, qui met au point de nouveaux antipaludiques pour les pays en développement, en est un exemple.

Équité

La capacité d'adaptation est d'autant plus grande que l'accès aux ressources dans une communauté, un pays ou dans le monde est équitable.⁶ Les populations marginales et sans ressources n'ont pas les moyens de

s'adapter. Alors qu'un accès universel à des services de qualité est fondamental pour la santé publique, nombreux sont ceux qui n'ont pas accès à des soins de santé. Globalement, les pays en développement représentent 11% des dépenses mondiales de santé et supportent 90% de la charge mondiale de morbidité.⁵

Etat de santé et charge antérieure de morbidité

Le bien-être des populations est un ingrédient et un déterminant important de la capacité d'adaptation. Bien que d'énormes progrès aient été accomplis en santé publique, il n'en reste pas moins que 170 millions d'enfants dans les pays pauvres présentent une insuffisance pondérale et que parmi ceux-ci plus de trois millions meurent tous les ans. Grand nombre de pays portent le double fardeau de maladies non transmissibles qui vont en augmentant et de la prévalence continue des maladies infectieuses.

Conclusions

Des stratégies visant à protéger la santé publique seront nécessaires, que l'on prenne ou non des mesures pour atténuer les effets du changement climatique. La création de moyens est une étape préparatoire essentielle. Les ressources financières, la technologie et l'infrastructure de santé publique ne suffiront pas par elles-mêmes. Il faudra y ajouter l'éducation, la sensibilisation et la création de cadres juridiques, d'institutions et de contextes permettant aux populations de prendre des décisions pour l'avenir en toute connaissance de cause.

12

De la science à l'action gouvernementale : comment réagir au changement climatique

Les moyens d'action possibles sont régis par plusieurs principes, à savoir équité, efficacité et faisabilité politique. Les considérations usuelles d'éthique de la santé publique peuvent également s'appliquer : respect de l'autonomie, non malfaisance, et justice et bienfaisance.

Pour prendre des décisions judicieuses, les responsables politiques ont besoin d'informations utiles et opportunes concernant les conséquences possibles du changement climatique, la perception qu'a la population de ces conséquences, les choix en matière de mesures d'adaptation possibles et les avantages qu'il y aurait à ralentir cette évolution.¹ C'est aux chercheurs que revient la tâche de leur fournir ces informations.

Une fois l'information reçue, les responsables doivent l'intégrer dans un portefeuille diversifié de mesures. Les moyens d'action possibles comprennent des mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre pour ralentir le changement climatique, des mesures renforçant la capacité d'adaptation des populations aux changements climatiques à venir, des activités de sensibilisation du public, des investissements dans des systèmes de suivi et de surveillance, et des investissements en recherche pour réduire les incertitudes concernant les questions sur lesquelles les responsables doivent se prononcer.

Il ne faut toutefois pas envisager le changement climatique indépendamment des autres stress environnementaux globaux. En outre, les responsables doivent s'occuper de multiples questions sociales (éradication de la pauvreté, promotion de la croissance économique, protection des ressources culturelles, etc.), cependant que les souhaits concurrents des parties prenantes

complicent l'allocation de ressources plutôt maigres. Le changement climatique doit donc être perçu dans le contexte plus vaste du développement durable.

A l'aide des données que leur fournissent les chercheurs, les responsables de la gestion des risques doivent prendre des décisions même lorsque certaines incertitudes subsistent. Des estimations axées sur la prise de décisions analysent les meilleures informations scientifiques et socio-économiques pour répondre aux questions que se posent les responsables de la gestion des risques. Ces évaluations décrivent et, dans la mesure du possible, quantifient les incertitudes scientifiques, et expliquent leurs conséquences potentielles pour les issues intéressant les décideurs. En dernier ressort, c'est à la société qu'il revient de décider si le risque perçu justifie la prise de mesures. Toutefois, l'incertitude scientifique en soi ne peut servir d'excuse ni au retard ni à l'inaction.

Critères de prise de décisions

Il existe plusieurs critères différents pour la prise de décisions concernant la politique à suivre en matière de changement climatique. Deux approches de la prise de décisions sont souvent invoquées : le « principe de précaution » et l'analyse « coûts-avantages ».

Le principe de précaution est un principe de gestion des risques que l'on applique lorsqu'un risque potentiellement grave existe alors qu'il y a encore une importante incertitude

sur le plan scientifique.² Selon ce principe, certains risques sont jugés inacceptables non parce qu'il y a une probabilité élevée qu'ils se produisent, mais parce que s'ils se produisaient leurs conséquences seraient très graves sinon irréversibles. Le principe de précaution figure dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement de 1992 à la rubrique Principe 15 où il est dit : « *En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.* »

Une autre approche qui est très utilisée est celle du critère « coûts-avantages » qui met en avant les avantages et les coûts prévus d'une action proposée. Il s'agit là de savoir comment mesurer ces avantages et ces coûts et comment les comparer dans différentes sociétés. Le critère coûts-avantages privilégie l'utilisation efficace de ressources limitées, mais sans se soucier de l'équité. Il ne s'occupe pas non plus des conséquences à venir dont, selon l'usage économique, on tient rarement compte. Le changement climatique est susceptible d'avoir des conséquences catastrophiques dans un avenir lointain mais dont le coût actualisé serait faible. En dépit de ces lacunes, l'analyse coûts-avantages mérite d'être retenue car elle offre aux décideurs des indications des plus utiles.

Options en matière de réponse

L'atténuation des émissions de gaz à effet de serre est un mécanisme qui

visé à ralentir et, peut-être, stopper à la longue l'accumulation de ces gaz dans l'atmosphère. Ralentir le réchauffement pourrait produire des retombées positives importantes sous forme d'incidences moindres sur la santé humaine et d'autres systèmes ; toutefois, l'inertie du système climatique signifie qu'il y aura un décalage temporel important entre la réduction des émissions et le ralentissement du réchauffement.

L'adaptation (dont il est question au chapitre 11) est une autre option importante. Les mesures préconisées augmentent la capacité des systèmes vulnérables à faire face, réduisant ainsi les dommages potentiels du changement climatique et de la variabilité du climat.

Communiquer des informations sur le changement climatique, ses conséquences possibles pour la santé, et les mesures à prendre est en soi une riposte de la part des pouvoirs publics. Il en va de même de la mise en place des systèmes de suivi et de surveillance, et des investissements dans la recherche. Les systèmes de suivi et de surveillance sont inhérents et essentiels à l'obtention des informations nécessaires pour étayer les décisions des autorités de santé publique.

Créer un pont entre la science et l'action gouvernementale : évaluation axée sur les mesures à prendre

L'évaluation axée sur les mesures à prendre est un processus susceptible d'aider les responsables de la gestion

des ressources et d'autres décideurs à s'acquitter de la tâche délicate de l'assemblage d'un portefeuille de mesures efficaces car il traduit les meilleures informations scientifiques en des termes qui ont un sens pour les dirigeants. L'évaluation axée sur les mesures à prendre n'est pas uniquement la synthèse des informations scientifiques ou l'évaluation de l'état des connaissances. Elle fait intervenir l'analyse des données provenant de grand nombre de disciplines – notamment les sciences sociales et économiques – pour apporter des réponses aux questions que posent les parties prenantes. Elle comprend également l'analyse des options d'adaptation visant à rendre la société plus apte à réagir de manière efficace aux risques et opportunités à mesure qu'ils se présentent. Pour formuler de bonnes stratégies, il convient de comprendre les différences de vulnérabilité des sous-groupes de population ainsi que les causes de ces différences.

Il faut, lorsque l'on évalue les options d'adaptation, tenir compte de certains facteurs relatifs à la conception et à la mise en œuvre des stratégies et notamment le fait que : 1) l'opportunité et l'efficacité des options seront fonction des régions et des groupes démographiques ; 2) l'adaptation ne va pas sans frais ; 3) certaines stratégies peuvent réduire les risques du changement climatique que ses effets se réalisent ou pas ; 4) la nature systémique de l'impact du climat complique l'élaboration d'une stratégie d'adaptation ; 5) une

mauvaise adaptation peut avoir des effets néfastes aussi graves que les effets climatiques que l'on s'efforce d'éviter.

Le processus d'évaluation est compliqué du fait que de nombreuses incertitudes scientifiques et socio-économiques s'attachent au changement climatique et à ses incidences possibles pour la santé humaine. Des incertitudes existent concernant l'étendue, la localisation temporelle et les effets potentiels du changement climatique ; la sensibilité d'issues sanitaires particulières aux conditions climatiques actuelles (temps, climat et modifications des écosystèmes dues au climat) ; l'état de santé futur des populations potentiellement touchées (en l'absence de changement climatique) ; l'efficacité de différentes lignes de conduite pour s'attaquer aux impacts potentiels ; la forme que prendra la société à l'avenir (ex. nouveaux facteurs socio-économiques et technologiques). Les évaluateurs se doivent donc de caractériser les incertitudes et d'expliquer leurs conséquences par rapport aux problèmes qui intéressent les décideurs et les parties prenantes. Si l'analyse ne traite pas des incertitudes, l'évaluation des incidences pour la santé peut produire des résultats trompeurs et contribuer peut-être à des décisions peu judicieuses.

Sensibiliser le public en lui communiquant les résultats des évaluations

La pleine participation des parties prenantes au processus d'évaluation

est essentielle. Une stratégie de communication doit être mise en place pour assurer l'accès à l'information et la présentation des données sous forme utilisable, assorties de conseils sur la manière de s'en servir. La communication des risques est un processus complexe, pluridisciplinaire et en constante évolution.

Conclusion

Certains estiment qu'en raison de l'incertitude scientifique, les responsables politiques ne peuvent prendre aujourd'hui des mesures en prévision du changement climatique. Ceci est faux. En effet, les dirigeants, les responsables de la gestion des ressources et les autres partenaires prennent tous les jours des décisions, et ceci en dépit des incertitudes. Les résultats de ces décisions peuvent subir le contrecoup du changement climatique. Ou bien, les décisions peuvent exclure tout recours à des possibilités futures d'adaptation. Par conséquent, les décideurs ne peuvent que tirer profit des informations concernant les incidences probables du changement climatique car il vaut toujours mieux prendre une décision en toute connaissance de cause plutôt qu'une décision inconsidérée.

Il faut toujours veiller à respecter la frontière entre l'évaluation et l'élaboration de politiques. L'objectif d'une évaluation axée sur les mesures à prendre est d'informer les décideurs et non de faire des recommandations pratiques.

13

Conclusions et recommandations en vue de l'action

Le développement durable concerne essentiellement le maintien du système écologique de la Terre et d'autres systèmes biophysiques qui entretiennent la vie. Si ces systèmes viennent à périlcliter, le bien-être et la santé des populations humaines seront compromis. Certes, la technologie nous permet de retarder pour un certain temps l'échéance de la nature, mais on ne peut y échapper. Il nous faut vivre dans les limites de notre planète. La transition vers le développement durable fait de l'état de santé des populations humaines un élément central.¹

Le changement climatique, comme d'autres grands changements environnementaux provoqués par l'homme, met en péril les écosystèmes et leur fonction de maintien de la vie et, par conséquent, la santé humaine (Figure 13.1).^{2,3} L'OMS, l'OMM et le PNUE se penchent ensemble sur des questions relatives au climat et à la santé ainsi que sur le renforcement des capacités, les échanges d'information et la promotion de la recherche.

Recommandations

• Expositions liées au climat

Le troisième Rapport d'évaluation du GIEC prévoit que, comme nous continuons à modifier la composition atmosphérique, la température moyenne globale à la surface

augmentera de 1,4 à 5,8°C au cours de ce siècle et que les précipitations et la variabilité du climat seront modifiées. La recherche doit s'efforcer de trouver des méthodes novatrices pour analyser les conditions météorologiques et le climat par rapport à la santé humaine, à établir des séries de données portant sur des périodes de longue durée pour répondre aux questions essentielles, et à mieux faire comprendre comment incorporer ce qui ressort des modèles climatiques globaux dans les études sur la santé humaine.

• Convergence de vues

La science du changement climatique fait de plus en plus l'unanimité parmi les scientifiques. Tout indique que la santé humaine sera affectée à bien des

égards. Les connaissances sont encore limitées dans de nombreux domaines comme l'effet de la variabilité à court terme du climat sur l'incidence de la maladie, la mise au point de systèmes d'alerte précoce pour prédire les flambées épidémiques et les événements climatiques extrêmes, et la compréhension de la manière dont la récurrence d'événements extrêmes pourrait miner la capacité d'adaptation.

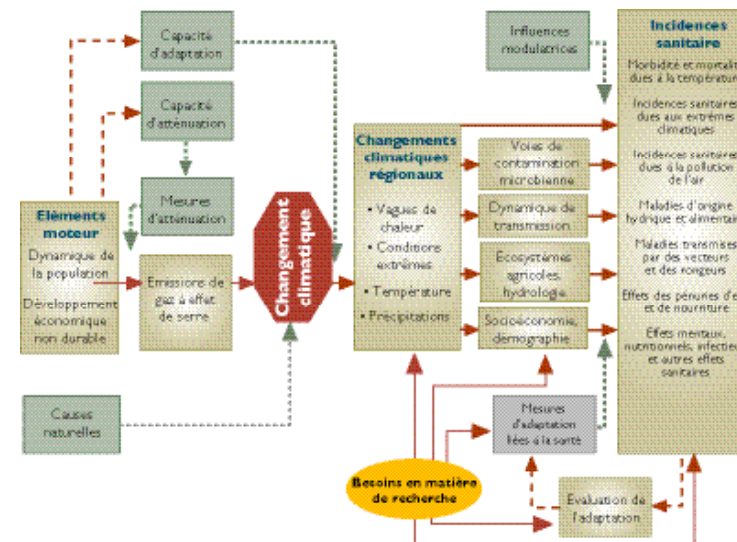
• Défis à relever

Le changement climatique présente des problèmes difficiles dont la complexité du processus de causalité, les incertitudes inévitables et le déplacement temporel des effets prévus. Les chercheurs se doivent de recenser les régions où les premiers effets du changement climatique sur la santé humaine se feront sentir, d'améliorer les estimations des conséquences du changement climatique, et de mieux énoncer les incertitudes associées aux études sur le changement climatique et la santé.

• Evénements climatiques extrêmes

Le troisième Rapport d'évaluation du GIEC prévoit des changements en ce qui concerne les événements climatiques extrêmes : davantage de journées chaudes et de vagues de chaleur ; événements de précipitations plus intenses ; risque accru de sécheresse ; augmentation de l'intensité des vents et des cyclones tropicaux (dans certaines zones) ; antes au phénomène El Niño ; augmentation de la variabilité des précipitations de mousson d'été en Asie. Pour combler les lacunes de la recherche, il faut procéder à de nouvelles modélisations des relations entre les événements extrêmes et les

Figure 13.1. Changement climatique et santé : cheminement des éléments moteur au travers des expositions jusqu'aux effets potentiels sur la santé. Les flèches qui partent des besoins en matière de recherche indiquent les apports requis par le secteur de la santé (repris et adapté de l'ouvrage cité à la note 4).



effets sur la santé, mieux comprendre les facteurs qui influent sur la vulnérabilité aux extrêmes climatiques, et évaluer l'efficacité des mesures d'adaptation dans différents milieux.

- *Maladies infectieuses*

Les maladies infectieuses, notamment celles à transmission vectorielle ou hydrique, sont sensibles aux conditions climatiques. Il convient de disposer de données sur l'incidence des maladies qui serviront de données de référence pour les études épidémiologiques. Du fait que l'on manque d'informations précises sur les taux d'incidence actuels, il est difficile de dire si les changements constatés sont imputables aux conditions climatiques. Les équipes de chercheurs doivent être internationales et pluridisciplinaires, et comprendre des épidémiologistes, des climatologues et des écologistes afin d'être à même d'assimiler la gamme d'informations provenant de ces différents domaines.

- *La charge morbide*

Les données empiriques qui rapportent l'évolution du climat à l'altération des effets sur la santé ne sont guère abondantes. Par conséquent, il n'est pas possible d'estimer la diversité, le moment et l'ampleur des effets potentiels futurs sur la santé des changements environnementaux mondiaux. Une tentative initiale a pourtant été faite dans le cadre du projet de l'OMS Charge mondiale de morbidité 2000. En limitant l'analyse aux effets sur la santé les mieux connues, le changement climatique qui s'est produit depuis la période initiale 1961-1990, est estimé avoir causé 150 000 décès et 5,5 millions d'AVCI en 2000.⁵

- *Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique, changement climatique et santé*

L'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique est un processus essentiellement différent de celui du changement climatique. Cependant, grand nombre des processus chimiques et physiques qui interviennent dans l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, influent sur l'effet de serre.⁶ En outre, du fait que le climat change (et grâce à des campagnes d'information et d'éducation du public), le comportement personnel et communautaire se modifiera et les gens s'exposeront moins au rayonnement ultraviolet.

- *Evaluations nationales*

De nombreux pays développés et en développement ont entrepris des évaluations nationales des effets potentiels sur la santé du changement climatique en tenant compte des zones et populations vulnérables. Comme il est nécessaire de normaliser les procédures d'évaluation des effets sur la santé, des outils et des méthodes sont actuellement mis au point. On a besoin de davantage de données exactes sur le climat au niveau local, et surtout sur la variabilité du climat et sur les événements extrêmes.

- *Suivi des effets du changement climatique sur la santé humaine*

Il est probable que le changement climatique ait un effet sur les maladies qui sont également conditionnées par d'autres facteurs. Pour suivre les effets du changement climatique sur la santé, il faut recueillir des données et utiliser des méthodes analytiques permettant de quantifier la part

attribuable au climat de ces maladies. Les systèmes de suivi et de surveillance de grand nombre de pays ne peuvent généralement fournir des données sur les maladies sensibles au climat. Les pays moins avancés devraient renforcer les systèmes en place pour répondre aux besoins actuels.

- *Adaptation au changement climatique*

Comme nous subissons déjà le changement climatique, il nous faut des politiques d'adaptation pour compléter les politiques d'atténuation. Une mise en œuvre efficace des stratégies d'adaptation peut contribuer à réduire considérablement les effets néfastes pour la santé du changement climatique. La vulnérabilité des populations humaines dépend de facteurs comme la densité démographique, le développement économique, les conditions écologiques locales, l'état de santé et l'accès aux soins de santé. Les mesures d'adaptation présentent d'ordinaire des avantages immédiats ainsi que futurs car ils réduisent les effets de la variabilité actuelle du climat. Les mesures d'adaptation peuvent être intégrées à d'autres stratégies de santé.

- *Mesures à prendre : De la science à l'action gouvernementale*

Etant donné l'ampleur et la nature du changement climatique global, il est indispensable que les communautés le comprennent et y réagissent en se faisant guider par des politiques fondées sur de solides avis scientifiques. Pour que l'évaluation axée sur les mesures à prendre soit utile, elle doit : i) se composer d'une équipe pluridisciplinaire ; ii) apporter des réponses aux questions posées par toutes les parties prenantes, iii) évaluer

les options d'adaptation pour la gestion des risques ; iv) recenser et classer par ordre de priorité les principales lacunes de la recherche ; v) décrire les incertitudes et leurs incidences sur la prise de décision ; vi) élaborer des outils pour étayer les processus décisionnels.

Conclusion

Les accords internationaux portant sur des questions environnementales mondiales comme le changement climatique doivent tenir compte des principes de développement durable proposés dans l'Agenda 21 et par la CCNUCC, à savoir le « principe de précaution », le principe des coûts et de la responsabilité (le coût de la pollution ou de la dégradation environnementale doit être assumé par ceux qui en sont responsables), et de « l'équité » - à la fois dans un même pays et entre pays et dans le temps (entre générations).

Le respect de ces principes contribuerait à empêcher la survenance de problèmes écologiques globaux et à réduire les problèmes actuels. Les effets du changement climatique se faisant déjà sentir, il nous faut mesurer les vulnérabilités et trouver des moyens d'intervention et/ou d'adaptation. Une planification précoce en matière de santé peut réduire les effets néfastes futurs. Toutefois, la solution optimale est aux mains des gouvernements, de la société et des particuliers et impose des changements en ce qui concerne le comportement, les technologies et les pratiques afin d'opérer la transition vers un développement durable.

Glossaire

adaptation : Réaction des systèmes naturels ou humains aux conditions propres à un milieu nouveau ou en évolution. L'adaptation aux changements climatiques fait référence à l'adaptation aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, de façon à atténuer leurs inconvénients ou à tirer parti de leurs avantages. On distingue plusieurs sortes d'adaptation : anticipative ou réactionnelle, de caractère privé ou public, autonome ou prévue.

années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI) : Indicateur de l'espérance de vie associant la mortalité et la morbidité

appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique : Réduction de la quantité d'ozone présente dans la stratosphère du fait des émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

atmosphère : Enveloppe gazeuse entourant la Terre. L'atmosphère sèche est composée presque entièrement d'azote et d'oxygène, avec un certain nombre de gaz présents à l'état de trace, dont l'argon, l'hélium et les gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone ou l'ozone. En outre, l'atmosphère contient de la vapeur d'eau, des nuages et des aérosols.

biosphère : Partie du système terrestre comprenant tous les écosystèmes et organismes vivants présents dans l'atmosphère, sur terre (biosphère terrestre) ou dans les

océans (biosphère marine), y compris la matière organique morte qui en provient, telle que la litière, la matière organique du sol ou les détritiques océaniques.

changement climatique : Variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à la persistance de variations anthropiques de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des sols. La CCNUCC définit les changements climatiques comme « des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». Voir aussi variabilité du climat.

chlorofluorocarbones (CFC) : Gaz à effet de serre pris en compte dans le Protocole de Montréal (1987). Employés pour la réfrigération, la climatisation, l'emballage et l'isolation, ils sont aussi utilisés comme solvants et comme propulseurs dans les aérosols. Echappant à la destruction dans la basse atmosphère, les CFC atteignent la haute atmosphère où, quand les conditions s'y prêtent, ils détruisent les molécules d'ozone. Ces gaz sont remplacés par d'autres composés, notamment les hydrofluorocarbones qui sont pris en compte dans le Protocole de Kyoto.

climat : Au sens étroit du terme, le climat désigne généralement le « temps moyen » ; il s'agit plus précisément d'une description

statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période classique, définie par l'OMM, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent.

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) : Convention signée lors du Sommet Planète Terre en 1992. Les gouvernements Parties se sont engagés à stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

couche d'ozone stratosphérique : La stratosphère contient une couche où la concentration d'ozone est particulièrement forte et qu'on appelle pour cette raison la couche d'ozone. Elle s'étend approximativement de 12 à 40 km d'altitude. Cette couche se raréfie du fait des émissions anthropiques de composés de chlore et de brome. Chaque année, pendant le printemps austral, il se produit un très fort appauvrissement de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique, causé par la combinaison de la présence de ces composés anthropiques du chlore et du brome et de certaines conditions météorologiques propres à la région. Ce phénomène est appelé le trou d'ozone.

dioxyde de carbone (CO₂) : Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des combustibles fossiles et de la biomasse ainsi que des changements d'affectation des terres et d'autres procédés industriels. C'est

le principal gaz à effet de serre qui influe sur le bilan net du rayonnement à la surface de la Terre et le gaz de référence par rapport auquel sont mesurés tous les autres gaz à effet de serre.

effet de serre : Les gaz à effet de serre absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, par l'atmosphère elle-même du fait de la présence de ces mêmes gaz et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans toutes les directions, y compris vers la surface de la Terre. Ainsi, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface-troposphère. C'est ce qu'on appelle « l'effet de serre naturel ». Le rayonnement atmosphérique est étroitement lié à la température du niveau où il est émis. Un accroissement de la concentration de gaz à effet de serre entraîne une plus grande opacité de l'atmosphère au rayonnement infrarouge et, par conséquent, un rayonnement effectif vers l'espace à partir d'une altitude plus élevée et à une température plus basse. Il en résulte un forçage radiatif, un déséquilibre qui ne peut être compensé que par une hausse de la température du système surface-troposphère. C'est ce qu'on appelle « l'effet de serre renforcé ».

El Niño/oscillation australe (ENSO) : El Niño, au sens original du terme, est un courant marin chaud qui se manifeste périodiquement le long de la côte équatorienne et péruvienne. Ce phénomène océanique est lié à une fluctuation de la configuration de la pression en surface et de la circulation dans la partie intertropicale des océans Indien et Pacifique, appelée oscillation australe. La combinaison de ces phénomènes atmosphérique et océanique est appelée El Niño/oscillation australe, ou ENSO.

Pendant un épisode El Niño, les alizés faiblissent et le contre-courant équatorial se renforce, entraînant un déplacement vers l'est des eaux chaudes de surface de la zone indonésienne, qui viennent recouvrir les eaux froides du courant péruvien. Ce phénomène exerce une influence considérable sur le vent, la température de la surface de la mer et les précipitations dans la partie tropicale du Pacifique. Il a des effets climatiques sur l'ensemble du bassin du Pacifique et dans de nombreuses autres régions du monde. Le phénomène inverse est appelé La Niña.

émissions anthropiques : Emissions de gaz à effet de serre et d'aérosols dues aux activités humaines. Au nombre de ces activités figurent la production d'énergie au moyen de combustibles fossiles, le déboisement et les changements d'utilisation des terres, qui se traduisent par une augmentation nette des émissions.

gaz à effet de serre : Les gaz à effet de serre sont les constituants gazeux de l'atmosphère qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. La vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, l'oxyde nitreux, le méthane et l'ozone sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre. L'atmosphère contient en outre un certain nombre de gaz à effet de serre entièrement anthropiques tels que les hydrocarbures halogénés et d'autres substances dont traitent les Protocoles de Montréal et de Kyoto.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : Groupe d'experts établi en 1988 par l'Organisation

météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Il a pour objet d'évaluer l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme, en se fondant notamment sur les publications scientifiques et techniques soumises à un examen collégial. Le GIEC comporte trois groupes de travail et une équipe spéciale.

incidences : Conséquences de l'évolution du climat pour les systèmes naturels et la santé humaine. Selon que l'on tiendra compte de l'adaptation ou non, on peut établir une distinction entre les incidences potentielles et les incidences résiduelles :

- Les incidences potentielles sont toutes les incidences qui peuvent se produire dans le cadre des changements climatiques projetés, sans qu'il soit tenu compte de l'adaptation.
- Les incidences résiduelles sont les incidences des changements climatiques après adaptation.

morbidité : Fréquence d'une maladie ou de tout autre trouble de santé dans une population donnée, compte tenu du taux de morbidité par âge. Parmi les résultats obtenus en matière de santé figurent l'incidence ou la prévalence des maladies chroniques, les taux d'hospitalisation, les consultations pour soins de santé primaires et le nombre de jours d'invalidité.

mortalité : Fréquence des décès dans une population donnée durant une période de temps précis.

ozone : Forme triatomique de l'oxygène, l'ozone est un constituant gazeux à effet de serre de l'atmosphère. La stratosphère contient 90% de l'ozone présent dans l'atmosphère qui absorbe le

rayonnement ultraviolet nocif. A concentration élevée, l'ozone peut nuire à un grand nombre d'organismes vivants. L'appauvrissement en ozone stratosphérique, dû à des réactions chimiques qui peuvent être amplifiées par le changement climatique, a pour conséquence d'intensifier le flux au sol du rayonnement ultraviolet B.

rayonnement ultraviolet (UV) : Rayonnement solaire correspondant à une certaine longueur d'onde selon le type de rayonnement (A, B ou C). L'ozone absorbe fortement dans la longueur UV-C (< 280nm) et le rayonnement solaire dans ces longueurs d'onde n'atteint pas la surface terrestre. A mesure que la longueur d'onde augmente (UV-B : 280nm à 315nm et UV-A : 315nm à 400nm) l'absorption de l'ozone s'affaiblit jusqu'à devenir indiscernable à environ 340nm. Les fractions d'énergie solaire au-dessus de l'atmosphère dans les gammes UV-B et UV-A sont à peu près de 1,5% et 7% respectivement.

scénario : Description vraisemblable et souvent simplifiée de ce que nous réserve l'avenir, fondé sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu. Il convient de préciser que les scénarios ne sont ni des prédictions, ni des prévisions.

sensibilité : Proportion dans laquelle un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat. Les effets peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la

fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

suivi : Réalisation et analyse de mesures systématiques visant à déceler les changements environnementaux ou de l'état de santé des populations. A ne pas confondre avec la surveillance quand bien même certaines techniques de surveillance sont utilisées.

surveillance : Analyse, interprétation et exploitation continues des données recueillies systématiquement, pour déceler les tendances de l'apparition ou de la propagation d'une maladie, grâce à des méthodes pratiques et normalisées de notification. Les sources de données peuvent avoir un lien direct avec la maladie ou avec les facteurs qui influent sur la maladie.

variabilité du climat : Par variabilité du climat, on entend généralement les variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts-types, apparition d'extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales autres que celle de phénomènes météorologiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique ou à des variations du forçage externe naturel ou anthropique.

vulnérabilité : Mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

Références

Chapitre 1

¹ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Climate Change 2001: Third Assessment Report (Volume I). Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

² Fagan B. Floods, Famines and Emperors. El Nino and the Fate of Civilisations. New York: Basic Books, 1999.

³ OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2002: Réduire les risques et promouvoir une vie saine. OMS, Genève, 2002.

Chapitre 2

¹ Albritton DL, Meiro-Filho LG. Technical Summary. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution du Groupe de travail I au Troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

² US Environmental Protection Agency. Greenhouse effects schematic, 2001.

³ Watson RT et le Groupe de rédaction. Changements climatiques 2001: Rapport de synthèse. Résumé à l'intention des décideurs. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Secrétariat du GIEC, s/c Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 2001.

Chapitre 3

¹ IPCC. Synthesis Report, Third Assessment Report. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

² Patz JA et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. Environmental Health Perspectives, 2000, 108(4): 367-76.

³ Watson RT et al., eds. The Regional Impacts of Climate Change. An assessment of vulnerability: A Special Report of IPCC Working Group II. Cambridge, Cambridge University Press, 1998.

⁴ Gubler DJ. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Clinical Microbiology Review, 1998, 11: 480-96.

⁵ Woodward A et al. Protecting human health in a changing world: the role of social

and economic development à Protéger la santé humaine dans un monde en pleine mutation : rôle du développement économique et social à Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé, 2000 ; 78 (9): 1148-1155 (résumé en français).

Chapitre 4

¹ Walther G et al. Ecological responses to recent climate change. Nature, 2002, 416: 389-395.

² Lindgren E, Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. Lancet, 2001, 358(9275): 16-87.

³ Pascual M et al. Cholera dynamics and El Niño Southern Oscillation. Science, 2000, 289: 1766-69.

Chapitre 5

¹ IPCC. Climate Change 2001, vol 1. Cambridge, Cambridge University Press, 2001

² Bouma MJ, van der Kaay HJ. Epidemic Malaria in India's Thar Desert. Lancet, 1995, 373: 132-133.

³ Hales S et al. Dengue Fever Epidemics in the South Pacific Region: Driven by El Niño Southern Oscillation? Lancet, 1996, 348: 1664- 1665.

⁴ Kalkstein LS, Greene JS. An Evaluation of Climate/Mortality Relationships in Large US Cities and the Possible Impacts of Climate Change. Env.Hlth.Pers., 1997, 105(1): 84-93.

⁵ Bouma MJ et al. Global Assessment of El Niño's Disaster Burden. Lancet, 1997, 350: 1435- 1438.

Chapitre 6

¹ Patz JA et al. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. Int J Parasitol, 2000, 30(12-13): 1395-405.

² Bouma M, van der Kaay H. The El Niño Southern Oscillation and the historic malaria epidemics on the Indian subcontinent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics? Tropical Medicine and International Health, 1996,1(1): 86-96.

³ Martens WJM, Rotmans J, Rothman DS In: Martens WJM, McMichael AJ, eds. Environmental Change, Climate and Health: Issues and Research Methods. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, pp. 197-225.

⁴ Hales S. et al. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. Lancet, 2002, 360: 830-834.

⁵ Wilson ML. Ecology and infectious disease, in Ecosystem Change and Public Health: A Global Perspective, JL Aron, JA Patz, eds. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2001, pp. 283-324.

Chapitre 7

¹ OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2002. OMS, Genève, 2002.

² Murray CJL. Quantifying the Burden of Disease - the Technical Basis for Disability-Adjusted Life Years. à Mesure quantitative du poids de la morbidité : base de calcul des années de vie ajustées sur l'incapacité, Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé, 1994, 72(3): 429-445 (résumé en français).

³ McMichael AJ et al. Climate Change. In: Comparative quantification of Health Risks. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2003. (sous presse).

Chapitre 8

¹ Environmental effects of ozone depletion: 1998 assessment. Nairobi, Kenya, United Nations Environment Program, 1998. Also: Kelfkens G et al. Ozone layer-climate change interactions. Influence on UV levels and UV related effects. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change. Report n°: 410 200 112.

² IARC. Solar and Ultraviolet Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 55. Lyon, France, Centre international de recherche sur le cancer, 1992.

³ Madronich S, de Grujil FR. Skin cancer and UV radiation. Nature, 1993, 366 (6450): 23.

⁴ Ponsonby A-L, McMichael AJ, van der Mei I. Ultraviolet radiation and autoimmune disease: insights from epidemiological research. *Toxicology*; 2002, 181-182: 71-78.

⁵ Temorshuizen F et al. Influence of season on antibody response to high dose recombinant Hepatitis B vaccine: effect of exposure to solar UVR? *Hepatology*, 2000, 32 (4): 1657.

⁵ Slaper H et al. Estimates of ozone depletion and skin cancer incidence to examine the Vienna Convention achievements. *Nature*, 1996, 384 (6606): 256-8.

Chapitre 9

¹ WHO Health impact assessment as a tool for intersectoral health policy. WHO European Centre for Environment and Health/European Centre for Health Policy, 1999.

² Parry ML, Carter T. Climate impact and adaptation assessment. London, UK, EarthScan, 1998.

³ Patz JA et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the US National Assessment. *Environ Health Perspect*, 2000, 108: 367-376.

⁴ Dept of Health (UK) Health Effects of Climate Change in the UK. London: DoH 2002.

⁵ OCHA. UNDAC Mission Report Fiji Drought. Bureau de la coordination des affaires humanitaires des Nations Unies, 1998.

⁶ Santé Canada. National Health Impact and Adaptation Assessment Framework and Tools. Ottawa, Bureau du changement climatique et de la santé, Santé Canada, 2002.

Chapitre 10

¹ Last J. A dictionary of epidemiology. 2nd edition. New York: Oxford University Press, 1988.

Chapitre 11

¹ IPCC. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution du Groupe de travail II au Troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du

climat. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

² NOAA. NOAA releases century's top weather, water, and climate events. 1999. <http://www.noaa.gov/stories/s334b.htm>.

³ US Centers for Disease Control (CDC). Rapid health needs assessment following Hurricane Andrew - Florida and Louisiana, 1992. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 1992, 41 (37): 685.

⁴ PNUD. Rapport mondial sur le développement humain 2000: Droits de l'homme et développement humain. Programme des Nations Unies pour le développement. Oxford University Press, New York, NY, USA.

⁵ OMS. Rapport sur la santé dans le monde 2000 : Pour un système de santé plus performant. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

⁶ Rayner S, Malone EL. Climate change, poverty and intragenerational equity: the national level. In: Climate change and its linkages with development, equity and sustainability. Actes de la réunion du GIEC à Colombo, Sri Lanka, 27-29 avril, 1999. Munasinghe M, Swart R. eds. Colombo, Sri Lanka, LIFE; Bilthoven, The Netherlands, RIVM; and Washington D.C., USA, World Bank, 1999, pp. 215-242.

Chapitre 12

¹ Scheraga Joel D, Grambsch Anne E. "Risks, opportunities, and adaptation to climate change". *Climate Research*, Vol. 10, 1998, 85-95.

² Tamburlini G, Ebi KL. "Searching for evidence, dealing with uncertainties, and promoting participatory risk-management," in *Children's health and environment: A review of evidence*, Tamburlini G., von Ehrenstein OS, Bertollini R, eds. A Joint Report from the European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe, EEA, Copenhagen, 2002, pp. 199-206.

Chapitre 13

¹ McMichael AJ et al. The Sustainability Transition: A new challenge (Editorial). *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 78: 1067 (2000).

² Watson R et al. Protecting Our Planet Securing Our Future: Linkages Among Global Environmental Issues and Human Needs. UNEP, NASA, World Bank, 1998.

³ McMichael AJ. Population, environment, disease, and survival: past patterns, uncertain futures. *Lancet*, 2002, 359: 1145-48.

⁴ Patz JA et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environ Health Perspect*, 2000, 108(4): 367-76.

⁵ OMS. Rapport sur la santé dans le monde 2002 : Réduire les risques et promouvoir une vie saine. OMS, Genève, 2002.

⁶ OMM/PNUE. Scientific Assessment of Ozone Depletion, 2002.

⁷ IPCC. Climate Change 2001, Impacts, adaptation and vulnerability. Publié pour le compte du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

Remerciements

Coordonnateur de projet : Carlos F. Corvalán. Editeur: Anthony J. McMichael.

Établi sur la base de l'ouvrage "Climate Change and Human Health – Risks and Responses" (A.J. McMichael et al eds. OMS, Genève 2003) et des contributions de: M. Ahern, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; C. L. Bartlett, Centre for Infectious Disease Epidemiology, University College London, Royaume-Uni; D. H. Campbell-Lendrum, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; U. Confalonieri, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brésil; C. F. Corvalán, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse; K. L. Ebi, Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional pour l'Europe, European Centre for Environment and Health, Rome, Italie; S. J. Edwards, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; J. Furlow, US Environmental Protection Agency, Washington DC, Etats-Unis; A. Githeko, Kenya Medical Research Institute, Kisumu, Kenya; H. N. B. Gopalan, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, Kenya; A. Grambsch, US Environmental Protection Agency, Washington DC, Etats-Unis; S. Hales, Wellington School of Medicine, University of Otago, Wellington, Nouvelle-Zélande; S. Hussein, John Hopkins University, Baltimore, Maryland, Etats-Unis; R. S. Kovats, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; K. Kuhn, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; P. Llánsó, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse; R. Lucas, National Centre for Epidemiology and Population Health, The Australian National University, Canberra, Australie; J. P. McCarty, University of Nebraska at Omaha, Nebraska, Etats-Unis; A. J. McMichael, National Centre for Epidemiology and Population Health, The Australian National University, Canberra, Australie; L. O. Mearns, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, Etats-Unis; B. Menne, Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional pour l'Europe, European Centre for Environment and Health, Rome, Italie; A. R. Moreno, The United States-Mexico Foundation for Science, Col. Del Valle, Mexique; B.S. Nyenzi, Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse; J. A. Patz, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, Etats-Unis; A-L Ponsonby, National Centre for Epidemiology and Population Health, The Australian National University, Canberra, Australie; A. Prüss-Ustün, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse; J. D. Scheraga, US Environmental Protection Agency, Washington DC, Etats-Unis; N. de Wet, The International Global Change Institute, University of Waikato, Nouvelle-Zélande; P. Wilkinson, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni; A. Woodward, University of Otago, Wellington, Nouvelle-Zélande.

Conception graphique: James Elrington. Présentation graphique: Sue Hobbs.

Illustration de couverture: Peintures réalisées dans le cadre du projet de communication multiculturelle multimédia 2002 de la CCNUCC (conception et direction artistique : Helmut Langer, Allemagne). Tableaux peints par Enesia Nyazorwe, Zimbabwe et Agnes Mwidadi Mpata, Tanzanie. Graphique de l'augmentation globale moyenne de la température en 1900-2000 et prévue pour 2000-2100 d'après un scénario d'émission qui stabilise les concentrations de CO₂ à 750ppm (Hadley Centre, Royaume-Uni). La température a augmenté d'environ 3° C de 1900 à 2100. Graphique paru dans "Climate change and its impacts; stabilization of CO₂ in the atmosphere", 1999, et reproduit avec la permission de l'ONM, Royaume-Uni.

Pour de plus amples informations, prière de s'adresser à:



OMS

Organisation mondiale de la Santé
Avenue Appia 20,
CH-1211 Genève 27,
Suisse
Tél: (+41) 22 791 21 11
Fax: (+41) 22 791 31 11



OMM

Organisation météorologique mondiale
Avenue de la Paix 7 bis
CH-1211 Genève 2,
Suisse
TTél: (+41) 22 730 81 11
Fax: (+41) 22 730 81 81



PNUE

Programme des Nations Unies pour
l'environnement
Boîte postale 30552
Nairobi, Kenya
Tél: (+254-2) 623246
Fax: (+254-2) 623861

Adresse des bureaux régionaux de l'OMS

Afrique

OMS
B.P. 6
Brazzaville
Congo
Tél: +47 241 38244
Fax: +47 241 39501
et
Parienyatwa Hospital
Boîte postale BE773
Harare
Zimbabwe
Tél: +263 4706951
Fax: +263 4253731

Amériques

OMS
Organisation panaméricaine de la Santé
525, 23rd Street, N.W.
Washington DC 20037
Etats-Unis
Tél: +1-202 9743000
Fax: +1-202 9743663

Europe

OMS
8, Scherfigsvej
DK-2100 Copenhague Ø
Tél: +45-39 171717
Fax: +45-39 171818

Méditerranée orientale

OMS
Rue Abdul Razzak Al Sanhoury
Nasser City
Le Caire 11371
Egypte
Tél: +202 6702535
Fax: +202 6702492

Asie du Sud-Est

OMS
World Health House
Indraprastha Estate
Mahatma Gandhi Road
New Delhi 110002
Inde
Tél: +91 112 3370804
Fax: +91 112 3370197

Pacifique occidentale

OMS
Boîte postale 2932
1099 Manille
Philippines
Tél: +632 5288001
Fax: +632 5211036

Pour commander l'ouvrage *Climate Change and Human Health – Risks and Responses*, s'adresser à :
bookorders@who.int

Pour d'autres informations, se rendre sur le site <http://www.who.int/peh>