

moins marquées sur les ressources naturelles (l'eau, les sols, l'espace terrestre disponible...) puis, par effet domino, sur les sociétés humaines (santé, agriculture, production d'énergie...). Se dessine donc une chaîne d'impacts sur laquelle, même en contexte d'incertitude, l'on peut/doit commencer à agir, idée défendue dans ce numéro du BEH.

Plus précisément, ce numéro montre qu'entre variabilité climatique (évolution des paramètres climatiques autour de moyennes) et changement climatique (évolution de ces moyennes sur au moins plusieurs décennies), les conditions sanitaires vont être affectées. Si de nombreuses interrogations demeurent, les chercheurs et acteurs dans ce domaine se mobilisent pour identifier, comprendre et mesurer ces changements. L'exercice est d'autant plus compliqué que les travaux se heurtent, généralement et de prime abord, à certaines contradictions. Ce numéro du BEH l'illustre ainsi : d'un côté l'on pose la question de savoir s'il faut s'attendre, avec l'augmentation des températures moyennes, à une baisse de la mortalité dans l'hémisphère Nord, sachant que, sauf en cas de canicule exceptionnelle, le taux de mortalité y est plus élevé en hiver que sur le reste de l'année (P. Kinney et coll.) ; de l'autre, on constate que le nombre d'épidémies a augmenté en Europe au cours des dernières décennies, tendance fortement corrélée à une plus forte variabilité climatique (S. Morand et coll.). Bien sûr, chaque type de maladie réagira de manière différente aux stress climatiques, et ce aussi en fonction des contextes socioéconomiques et géographiques. Il n'en demeure pas moins que l'analyse des impacts du changement climatique renvoie souvent à la confrontation d'hypothèses *a priori* contraires. La plupart du temps toutefois, ces contradictions ne sont qu'apparentes et elles nécessitent pour être levées des analyses poussées sur les conditions et les échelles (sociales, spatiales et temporelles) de la réalisation des maladies, analyses qui par ailleurs offrent un support aux démarches d'anticipation.

Une branche importante de la recherche socio-sanitaire s'intéresse en effet aux « systèmes de surveillance », dont les bénéfices sont déjà bien connus, et qui vont rester des piliers d'anticipation et donc d'adaptation au changement climatique (M. Pascal et coll.). Un exemple en est fourni dans ce numéro. L'article de S. Morand et coll. s'intéresse particulièrement aux facteurs de risque (biodiversité, variabilité climatique, niveau de développement, maladies infectieuses humaines) qui permettent à la fois d'établir des niveaux (avérés ou potentiels) d'exposition aux épidémies et d'identifier des leviers pour réduire les conséquences de celles-ci. D'autres pistes d'ailleurs pourraient être explorées, notamment l'analyse de la capacité d'adaptation des populations, qui touche à la fois l'aptitude à réagir à une crise qui survient (champ de la résilience) et à collectivement accepter les efforts induits par des politiques de prévention sur le long terme (champ de l'anticipation).

Note éditoriale / Editor's note

Ce numéro du BEH présente quelques particularités, liées à la thématique à laquelle il est consacré. En effet, si l'existence du changement climatique est aujourd'hui admise par la communauté scientifique internationale, la nature et l'ampleur des modifications du climat et de leurs conséquences environnementales restent entourées d'importantes incertitudes. À son tour, l'identification des conséquences sanitaires de ces changements se heurte à de nombreuses difficultés, et demeure nécessairement prospective, voire spéculative. Ainsi, les articles présentés dans ce numéro s'attachent à réaliser un exercice de prospective, en présentant les scénarios identifiés par les auteurs comme les plus probables au vu des connaissances scientifiques disponibles à ce jour. Ils diffèrent donc des articles habituellement présentés dans le BEH, par leur forme et leur contenu. Cet exercice est toutefois un préalable indispensable à l'analyse des adaptations à apporter aux dispositifs de surveillance sanitaire et de réponse.

Quels impacts sanitaires du changement climatique et quels rôles pour la surveillance ?

Mathilde Pascal (m.pascal@invs.sante.fr), Sylvia Medina, Anne-Catherine Viso, Pascal Beaudeau

Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France

Résumé / Abstract

Les observations et les modélisations climatiques permettent de mieux comprendre les changements climatiques présents et à venir. Ces changements pourraient modifier l'environnement, les déterminants de l'exposition aux risques environnementaux et infectieux, et éventuellement l'état de santé de la population. Dans ce contexte, la surveillance sanitaire a trois rôles principaux : 1) contribuer au suivi et à la compréhension des impacts sanitaires du changement climatique à travers la constitution de séries de données exploitables sur de longues périodes de temps ; 2) apporter des éléments pour hiérarchiser les actions d'adaptation, les mettre en œuvre, et évaluer leur efficacité ; et 3) anticiper les menaces émergentes. S'il n'est pas nécessaire de créer de nouveaux systèmes de surveillance sanitaires pour cela, une meilleure connexion entre surveillance environnementale et sanitaire et une plus grande interdisciplinarité sont nécessaires pour répondre à ces nouveaux objectifs.

What are the health impacts of climate change and what role does surveillance play?

Observations and climate models enable us to better understand present and future climate changes. Climate change may be considered as a factor of change in the environment, in the determinants of exposure to environmental risks and pathogens, and possibly in the state of health among populations. In this context, health surveillance systems have three main objectives: 1) creating databases to increase scientific evidence and understanding the health impacts of climate change in the long term; 2) identifying, prioritizing, implementing and evaluating intervention and adaptation measures; and 3) providing early warning measures. Although it is not necessary to create new health surveillance systems to fulfil these objectives, there is a need both for better integration with existing environmental and health surveillance, and for greater interdisciplinarity.

Mots clés / Key words

Changement climatique, impact sanitaire, santé, surveillance / *Climate change, health impact, health, surveillance*

Impacts sanitaires du changement climatique

Le changement climatique désigne une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement pendant des décennies ou plus). Si la température en est la variable emblématique, l'ensemble des paramètres climatiques (l'humidité, la nébulosité, les précipitations, la teneur en CO₂ de l'atmosphère) peuvent être concernés.

Sur la base d'observations, le Groupement inter-gouvernemental d'experts sur le climat (Giec) a conclu en 2007 [1] que les températures moyennes dans l'hémisphère Nord pendant la deuxième moitié du XX^e siècle étaient très probablement (probabilité >90%) supérieures à celles de toute autre période de 50 ans sur les 500 dernières années. Il est très probable que les jours froids et les nuits froides et les gelées sont moins fréquents dans la plupart des continents, alors que les jours chauds et les nuits chaudes le sont plus. Il est possible (probabilité >66%) que les vagues de chaleur sont devenues plus courantes sur la plupart des continents. Plus de 8 experts sur 10 s'accordent sur le fait que les systèmes naturels associés à la neige, la glace et aux sols gelés, ainsi que les systèmes hydrologiques sont déjà impactés par le changement climatique, et plus de 9 sur 10 estiment que de nombreux écosystèmes terrestres et marins sont déjà touchés [1].

Les modèles climatiques permettent de prédire les climats futurs en s'appuyant sur des scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Si ces modèles restent perfectibles, la réalité du changement climatique semble bien désormais acquise. La hausse de la température moyenne simulée par les différents modèles de climat d'ici 2100 pourrait être comprise entre 1,1 et 6,4 °C [1]. En France métropolitaine, selon un scénario haut, la température moyenne augmenterait de 0,83 °C [0,55-1,24 °C] en 2030 par rapport à 1990 et de 1,37 °C [0,85-1,8 °C] en 2050 [2].

Ces changements observés et prévus vont modifier l'environnement, les déterminants de l'exposition aux risques environnementaux et infectieux,

et éventuellement l'état de santé de la population. Dès 1985, les impacts potentiels sur la santé ont été évoqués, en insistant notamment sur les risques liés à la chaleur et aux ressources alimentaires [3]. Il a fallu cependant attendre les années 2000 pour disposer d'une vision plus large des relations entre changement climatique et santé (figure 1) [4], mettant l'accent sur trois types d'impacts [4-9] :

- les impacts des événements météorologiques extrêmes qui sont susceptibles d'augmenter en fréquence et en intensité : vagues de chaleur, inondations, tempêtes, feux de forêts, sécheresses... ;
- l'émergence ou la réémergence de maladies infectieuses, associées à des modifications des écosystèmes ;
- une modification des expositions à des risques environnementaux (air, eau, rayonnement UV, alimentation...).

Bien que les pays en voie de développement soient les plus vulnérables [6], les expertises menées en France [10;11], en Europe [4;8;9], en Amérique du Nord [12;13] ou en Australie [14] soulignent la fragilité des pays développés face aux événements extrêmes, le risque le plus avéré étant celui lié aux vagues de chaleur. Pour les autres types d'impacts (infectieux et environnementaux), il reste difficile de faire des hypothèses sur les évolutions à venir compte tenu de la complexité des interactions entre les variables du système et des incertitudes sur le rythme du changement climatique et des autres changements (démographiques, sociaux...). Les résultats issus de la recherche devraient apporter de nouveaux éléments dans les années à venir.

Comment adapter les systèmes de surveillance ?

Malgré ces incertitudes, l'adaptation de la société et du secteur de la santé doit être anticipée pour limiter les impacts négatifs du changement climatique [15]. La surveillance en santé publique, c'est-à-dire « la collecte continue et systématique, l'analyse et l'interprétation de données essentielles pour la planification, la mise en place et l'évaluation des pratiques en santé publique, étroitement associée à la diffusion en

temps opportun de ces données à ceux qui en ont besoin » [16], fournit des informations utiles pour orienter les stratégies d'adaptation. La surveillance en santé environnementale, qui inclut la surveillance des pathologies, des risques environnementaux, des expositions et des relations exposition-risque, est concernée au premier chef.

Les données issues de la surveillance ont ainsi trois rôles principaux : 1) contribuer au suivi et à la compréhension des impacts sanitaires du changement climatique à travers la constitution de séries de données exploitables sur de longues périodes de temps, 2) apporter des éléments pour hiérarchiser les actions d'adaptation, les mettre en œuvre et évaluer leur efficacité, 3) anticiper les menaces émergentes.

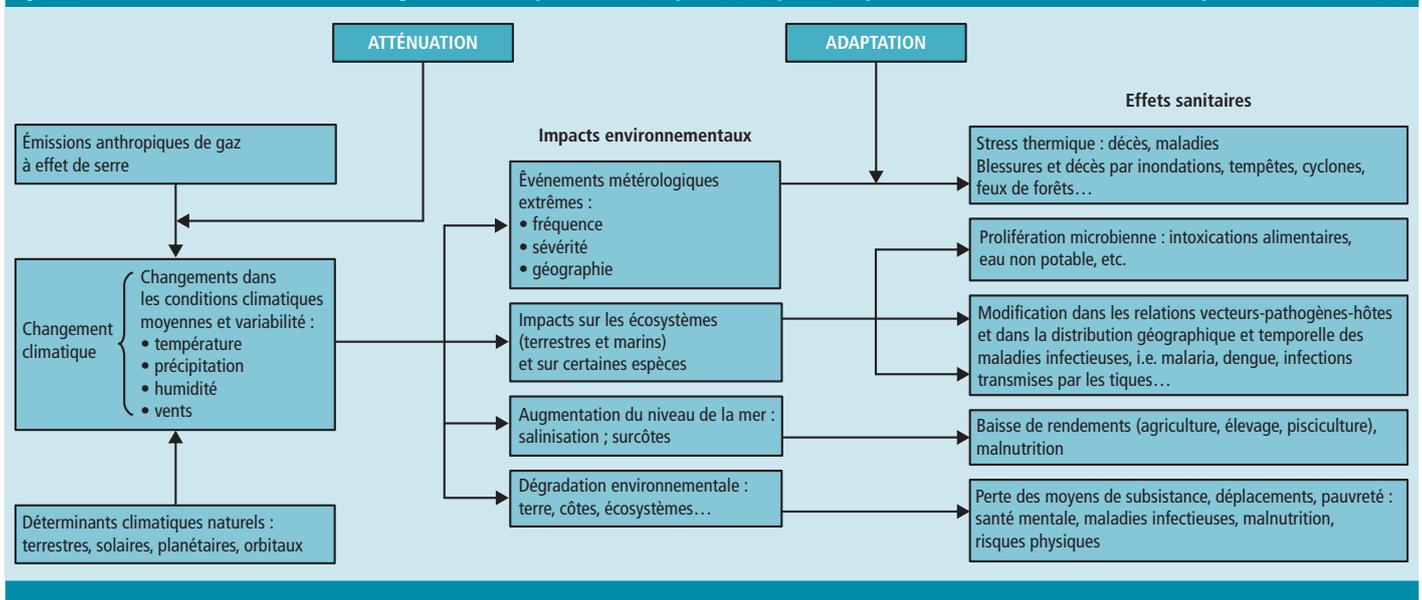
L'exemple le plus abouti de cette surveillance concerne le risque caniculaire : les données de mortalité permettent des analyses rétrospectives sur plusieurs dizaines d'années. La constitution d'une base de données de morbidité par l'Institut de veille sanitaire (InVS) est en cours grâce au système de surveillance Sursaud¹. Le plan national canicule² a été conçu, puis évalué et amendé sur la base de données de surveillance et d'études épidémiologiques.

Pour les autres risques, l'InVS a évalué les besoins d'adaptation de ses systèmes de surveillance pour la France métropolitaine [10] et a organisé dans ce contexte un atelier [17] rassemblant des professionnels de la surveillance de plusieurs pays. Les réflexions menées à la suite de cet atelier ont conduit à développer une approche simple pour identifier les besoins d'adaptation des systèmes de surveillance. Elle consiste à identifier les principaux déterminants environnementaux, sociaux et démographiques contribuant à une exposition. Appliquée aux risques sanitaires susceptibles d'être modifiés par le changement climatique, elle permet d'identifier les lacunes et données manquantes et par conséquent les besoins de surveillance. L'idée sous-jacente est que la surveillance d'un déterminant non directement lié

¹ <http://www.invs.sante.fr/Espace-professionnels/Surveillance-syndromique-SurSaUD-R>

² <http://www.sante.gouv.fr/canicule-et-chaleurs-extremes.html>

Figure 1 Schématisation des liens entre changement climatique et santé (d'après [4]) / Figure 1 Diagram of the links between climate change and health (from [4])



au climat peut être plus informative et pratique à mettre en œuvre que la recherche d'un indicateur climatique (par exemple, surveiller la vulnérabilité aux vagues de chaleur) [17;18].

Dans notre approche, les risques retenus sont ceux pour lesquels il existe des données publiées sur l'impact du climat, et ceux dont le risque de survenue en France métropolitaine a été jugé plausible par un groupe de travail interne à l'InVS [10;18]. Au terme de cette revue, nous avons conclu que, s'il n'était pas nécessaire de créer de nouveaux systèmes de surveillance pour suivre les impacts sanitaires du changement climatique, il convenait d'assurer la pérennité et la qualité des systèmes existants. Des opportunités ont été identifiées, comme la possibilité de collaborations avec des modélisateurs du climat en vue de réaliser des évaluations d'impacts sanitaires de la pollution atmosphérique.

Enfin, l'adaptation de la surveillance passera par une meilleure connexion des systèmes de surveillance environnementaux et sanitaires existants, et par une plus grande interdisciplinarité : avec les sciences du climat, de l'environnement et les sciences sociales pour comprendre le rôle des comportements ; avec les naturalistes et les vétérinaires pour observer l'évolution des parasites et vecteurs de maladie ; et avec les professionnels de santé pour identifier et interpréter des signaux inattendus.

Références

[1] Solomon SD, Quin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, *et al.* Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2007. 996 p.

[2] Observatoire national des effets du réchauffement climatique. Climat futur en France. Site internet Onerc. <http://www.onerc.org>

[3] Lawrence Berkeley Laboratory. Characterization of information requirements for studies of CO₂ effects: Water resources, agriculture, fisheries, forests and human health. Washington, D.C: Margaret R. White 1985. 236 p.

[4] McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*. 2006;367(9513):859-69.

[5] World Health Organization - Regional Office for Europe; Santé Canada; United Nations Environment Programme; Organisation Météorologique Mondiale, (dir.). Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2003. 112 p.

[6] Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, *et al.* Managing the health effects of climate change: *Lancet* and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet*. 2009;373(9676):1693-733.

[7] A Commission on climate change. *Lancet*. 2009;373(9676):1659.

[8] Haines A, Kovats RS, Campbell-Lendrum D, Corvalan C. Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation. *Lancet*. 2006;367(9528):2101-9.

[9] Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC: United Kingdom and New York, NY, USA; 2007. 976 p.

[10] Pascal M. Impacts sanitaires du changement climatique en France, quels enjeux pour l'InVS. Saint-Maurice:

Institut de veille sanitaire. 2010; 54 p. Disponible à : [http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_721](http://www.invs.sante.fr/pmb/invs/(id)/PMB_721)

[11] Observatoire national des effets du réchauffement climatique. Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France - rapport d'étape. Paris: Observatoire national des effets du réchauffement climatique. 2008; 247 p. Disponible à : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_complet_0907allegeV2_20-11-08.pdf

[12] Santé Canada. Santé et changements climatiques : évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Ottawa: Santé Canada. 2008; 548 p.

[13] English PB, Sinclair AH, Ross Z, Anderson H, Boothe V, Davis C, *et al.* Environmental health indicators of climate change for the United States: Findings from the State Environmental Health Indicator Collaborative. *Environ Health Perspect*. 2009; 117(11):1673-81.

[14] Spickett J, Brown H, Katscherian D. Department of Health. Health impacts of climate change: Adaptation strategies for Western Australia. Perth: Environmental Health Directorate. 2008; 75 p.

[15] Menne B, Bertollini R. Health and climate change: a call for action. *BMJ*. 2005;331(7528):1283-4.

[16] Thacker SB, Stroup DF. Public Health Surveillance. In: Brownson RC, Petitti DB, (dir.). Applied epidemiology Theory to practice. New York: Oxford University Press; 1988. p. 105-35.

[17] Medeiros H, Pascal M, Viso AC, Medina S. Workshop on public health surveillance and climate change. Saint Maurice: Institut de veille sanitaire; 2010. pp.1-38. Disponible à : http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=457

[18] Beaudreau P, Pascal M, Mouly D, Galey C, Thomas O. Health risk associated with drinking water in a context of climate change in France: a review of surveillance requirements. *J Water Climate Change*. 2011;2(4):230-45.

La mortalité hivernale va-t-elle diminuer avec le changement climatique ?

Patrick Kinney (plk3@columbia.edu)¹, Mathilde Pascal², Robert Vautard³, Karine Laaidi²

1/ Columbia University, Mailman School of Public Health, New York, USA
3/ Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement, Paris, France

2/ Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France

Résumé / Abstract

Il est établi que les taux de mortalité sont plus élevés pendant l'hiver dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord, et que des températures extrêmes durant l'été peuvent se traduire par des pics de mortalité. Ces deux phénomènes conjoints se traduisent par une relation en U entre mortalité journalière et températures. La forme et la position du U varient selon les régions et les températures moyennes, indiquant que les populations s'adaptent à leur climat local. Dans les villes les plus froides, l'augmentation de la mortalité aux températures basses est relativement modérée et l'augmentation de la mortalité aux températures élevées est relativement accentuée. À l'inverse, dans les villes les plus chaudes, la relation froid-mortalité est plus importante que la relation chaleur-mortalité.

Alors qu'un réchauffement global dû aux émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique est pratiquement acquis pour les prochaines décennies, il convient de se pencher sur ses impacts sanitaires possibles. Il est également important de comprendre si la mortalité hivernale est susceptible de diminuer du fait du réchauffement climatique. Ceci aura des conséquences importantes sur l'adaptation de la réponse en matière de santé publique.

De manière surprenante, à partir d'une analyse de la littérature, nous concluons qu'il semble peu probable que la mortalité hivernale diminue avec l'augmentation des températures.

Winter mortality in a changing climate: will it go down?

It is well known that death rates in temperate regions of the northern hemisphere are higher in winter than during other parts of the year, and further, that extreme heat during summer can lead to spikes in mortality. Together, these seasonal phenomena result in a U shaped relationship between daily mortality and temperatures. The shape and position of the U varies by location, and especially by average temperatures, showing that cities adapt to their local climate. In cooler cities, the increase in deaths at low temperatures is relatively shallow, and the increase in deaths with high temperatures relatively steep. By contrast, in warmer cities, the cold function is relatively steep and the hot function relatively shallow. With continued global warming due to anthropogenic greenhouse gas emissions virtually certain over coming decades, it is important to consider how the health response might change. In particular, we consider the question of whether winter mortality might diminish as temperatures rise in the future. Answering this question will have very important implications for public health adaptation planning. Somewhat surprisingly, based on the available literature, we conclude that it is unlikely that winter mortality would substantially diminish as temperatures rise.

Mots-clés / Key words

Hiver, température, vague de froid, mortalité, changement climatique, projections / Winter, temperature, cold spell, mortality, climate change, projections