

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 CO<sub>2</sub> 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](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](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)<sup>1</sup>, Mathilde Pascal<sup>2</sup>, Robert Vautard<sup>3</sup>, Karine Laaidi<sup>2</sup>

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

## Introduction

Il est établi depuis longtemps que les taux de mortalité dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord sont plus élevés pendant les mois hivernaux que pendant toute autre période de l'année, particulièrement pour les maladies cardiovasculaires et respiratoires. Cependant, d'importantes disparités géographiques ont été observées, les pays les plus affectés n'étant pas les plus froids. Par exemple, en Europe entre 1988 et 1997, les taux de mortalité hivernaux les plus élevés étaient rapportés au Portugal, en Espagne et en Irlande [1].

Il est également bien connu que les épisodes de chaleur extrême pendant l'été peuvent être associés à des pics de mortalité [2;3]. Ensemble, ces phénomènes saisonniers se traduisent par une relation en U entre la mortalité journalière et les températures, observée dans la plupart des villes [2;4-8] ; les taux de mortalité augmentent aux températures basses et élevées, avec une « zone de confort thermique » entre les deux.

Il est intéressant de noter que la forme et la position d'une courbe température-mortalité en U diffèrent selon la latitude [9]. Ceci est schématisé sur la figure 1. Dans les villes les plus froides, la zone de confort thermique est décalée vers la gauche (*i.e.* vers les températures basses) ; l'augmentation de la mortalité aux températures basses est relativement modérée, et l'augmentation de la mortalité aux températures hautes relativement abrupte. À l'inverse, dans les villes les plus chaudes, la zone de confort thermique est décalée vers la droite (*i.e.* vers les températures élevées) ; la réponse au froid est relativement abrupte et la réponse à la chaleur modérée.

Ces différences géographiques indiquent que les populations se sont adaptées à leur climat local. Comment ceci pourrait évoluer dans le futur ?

Un réchauffement global généré par les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique est pratiquement acquis pour les prochaines décennies. Il est donc important de comprendre comment les villes vont s'adapter à ce nouveau climat, plus chaud, et en combien de temps. La mortalité hivernale diminuera-t-elle avec l'augmentation des températures ? Comme le nombre de décès pendant l'hiver est largement supérieur à celui observé pendant les autres saisons, répondre à cette question aura

des implications importantes pour adapter la réponse sanitaire.

Les températures moyennes globales ont augmenté pendant le siècle dernier, et la tendance au réchauffement s'est accélérée au cours des dernières décennies [10]. Les modèles climatiques prédisent de manière cohérente un réchauffement futur de l'ordre de 0,2°C par décennie pendant les prochaines décennies, avec des variations régionales significatives. En Europe, les projections indiquent que les températures les plus basses devraient augmenter plus rapidement en hiver que les températures les plus élevées, conduisant à un rétrécissement de la distribution des températures hivernales dans un climat futur [11].

Cependant, la survenue d'épisodes de froid extrême n'est pas à exclure. Bien que l'hiver 2010 ait été modérément froid par rapport aux hivers des soixante dernières années en Europe, il a causé des perturbations importantes dans différents secteurs économiques (les impacts sanitaires n'ont pas encore été quantifiés). Les événements de l'hiver 2010 sont de bons exemples de vagues de froid modulées par le réchauffement climatique à long terme [12].

Malheureusement, alors qu'il existe une littérature abondante sur les impacts sanitaires de la chaleur dans un contexte de changement climatique [2;3], un intérêt scientifique moindre a été porté à la question plus large, et d'une certaine manière plus importante, de la possibilité de modification des impacts sanitaires hivernaux.

À ce jour, les rares études qui se sont penchées sur les impacts potentiels futurs du réchauffement des températures hivernales sur la mortalité [13-15] ont généralement conclu que la mortalité hivernale était susceptible de diminuer. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (Giec) a déclaré que le changement climatique pourrait « s'avérer bénéfique et entraîner une baisse de la mortalité associée au froid » [16]. En Europe, il a même été estimé que les réductions de la mortalité hivernale pourraient compenser les augmentations de la mortalité estivale dues au réchauffement climatique [17]. Bien que ces conclusions puissent sembler assez intuitives, elles sont fondées sur l'hypothèse que la relation en U entre la température et la mortalité qui a été observée

historiquement dans une région donnée ne changera pas dans le futur, et qu'elle peut donc être directement utilisée pour estimer la mortalité future sous des températures plus élevées dans cette même région.

Nous avons passé en revue la littérature historique pour mieux comprendre les mécanismes sous-tendant la surmortalité hivernale, et souligner l'importance des facteurs saisonniers et de la température en soi, afin de vérifier la validité potentielle de cette hypothèse. Pour identifier les articles pertinents, nous avons étudié les publications traitant de la relation température-mortalité, en sélectionnant celles qui s'étaient penchées sur les effets du froid ou des effets hivernaux. Les références bibliographiques ont été examinées pour identifier d'autres articles pertinents. Au total, 53 publications ont été sélectionnées et analysées. Nous soulignons les principaux manques de connaissances qui demeurent.

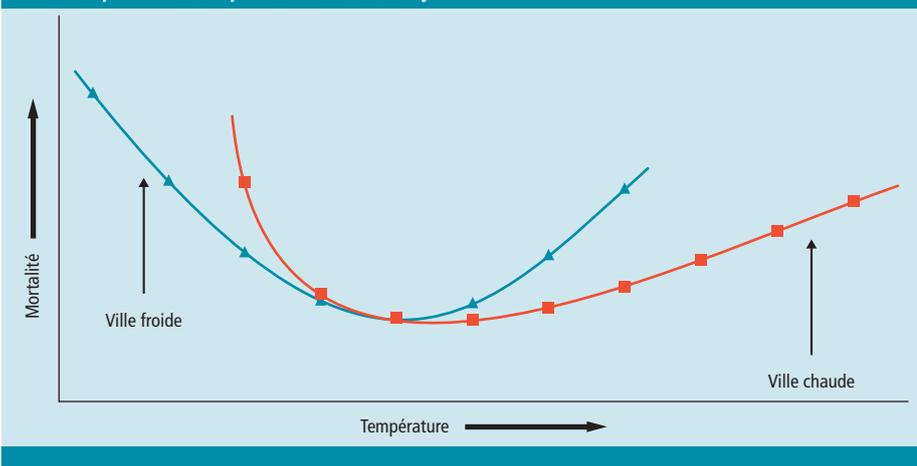
## Hiver versus froid : lequel est le plus meurtrier ?

La mortalité est en moyenne plus élevée en hiver qu'en été dans les villes des États-Unis et d'Europe [18]. En plus de la surmortalité hivernale globale, de brefs épisodes de froid extrême pendant l'hiver peuvent générer une surmortalité à court terme. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que la surmortalité hivernale se compose de deux parties, la première étant reliée à des facteurs saisonniers, et la seconde étant directement causée par l'exposition au froid. Cette distinction peut sembler académique, mais a toute son importance pour ceux qui souhaitent modéliser les impacts futurs des changements de températures. On peut s'attendre à une modification des effets sanitaires liés à la température lorsque l'exposition à cette température change. À l'inverse, un effet lié à la saison pourrait ne pas être affecté par l'évolution des températures. Comment peut-on distinguer l'importance relative de ces deux composantes ? La littérature actuelle est un guide utile.

De nombreuses études ont examiné et comparé la surmortalité hivernale dans différentes régions sous différents climats [1;9;19-27]. Un résultat commun à toutes ces études est que l'ampleur de la surmortalité hivernale est plus importante dans les régions connaissant des hivers plus modérés. Cette observation est la plus nette dans les études qui comparent la mortalité hivernale aux mortalités observées pendant les autres saisons. Dans l'une de ces études, la surmortalité hivernale entre 1970 et 1991, exprimée comme le pourcentage au-delà de l'attendu (défini comme la mortalité moyenne au printemps et en automne) pour les mois de décembre à mars, était deux fois plus élevée en Angleterre et au Pays de Galles (21%) qu'en Norvège (11%) [28]. Dans une autre étude portant sur 14 pays européens entre 1998 et 1997, la surmortalité hivernale par rapport aux autres saisons variait de 10% en Finlande à 28% au Portugal [1].

Dans leur ensemble, ces études montrent que les régions qui ont su s'adapter à des climats chauds étaient susceptibles d'afficher des hausses de mortalité hivernale 2 à 3 fois plus importantes que les régions qui s'étaient adaptées à des

Figure 1 Schématisation de la relation entre température et mortalité / Figure 1 Schematization of the relationship between temperature and mortality



températures basses. Ceci laisse entendre que, dans des conditions de réchauffement climatique, la mortalité hivernale pourrait augmenter au fur et à mesure que les régions s'adaptent à des températures plus élevées.

L'analyse de la mortalité comme une fonction de la température et non de la saison indique une augmentation encore plus nette de l'impact hivernal dans les régions chaudes. Par exemple, AJ McMichael et coll. [25] ont rapporté que la mortalité augmentait de 4% pour chaque baisse de 1°C des températures de la saison froide à Bangkok, Thaïlande, alors qu'elle n'augmentait que de 0,4% pour chaque baisse de 1°C des températures à Ljubljana, Slovénie. Les températures annuelles moyennes à Bangkok et Ljubljana sont de 29 et 11°C respectivement. Ce fort gradient de l'effet apparent de la température selon les villes est peut être associé au fait que l'amplitude des températures hivernales en hiver est beaucoup plus faible à Bangkok (seulement 3°C de différence entre le 5<sup>e</sup> percentile et la moyenne annuelle des températures). Si l'effet saisonnier hivernal était faussement interprété comme un effet de la température, ce dernier paraîtrait alors très important.

En termes de modélisation statistique, il est indispensable de faire une distinction correcte entre les facteurs saisonniers et les températures basses. L'approche par la méthode des séries temporelles permet de séparer et de quantifier les effets saisonniers de l'hiver et les effets à plus court terme des épisodes de froid. Elle a été largement utilisée par des études récentes pour quantifier les effets des températures sur la mortalité, en hiver comme en été. À ce jour cependant, nous considérons que peu d'études ont pris en compte de manière correcte la modélisation de la saison et des températures. Les facteurs saisonniers sont généralement traités comme des facteurs de confusion à contrôler (mais non à quantifier), alors que l'effet des températures journalières est directement modélisé. Malheureusement, la température est souvent modélisée en utilisant des moyennes mobiles portant sur des périodes longues, de 2 à 4 semaines, ce qui peut capter certains des effets saisonniers de l'hiver, même lorsqu'une fonction flexible du temps est simultanément utilisée pour prendre en compte la saison dans le modèle [19;20;25]. Ainsi, ces résultats sont assez difficiles à interpréter comme des effets clairs des températures et distincts des phénomènes saisonniers.

Les études qui ont contrôlé plus efficacement la saisonnalité et qui se sont concentrées sur les effets à court terme du froid ont généralement rapporté des effets du froid relativement plus modestes [26;29;30]. Même si cela peut s'expliquer par des effets du froid différés sur des échelles temporelles supérieures à quelques jours, ces résultats peuvent également indiquer que l'effet du froid est en réalité assez faible, et correctement estimé une fois que la saison est bien contrôlée. Lorsqu'on étudie des effets pour lesquels un délai long est supposé (3 semaines ou plus), il est plus difficile de faire une distinction claire entre l'effet de la température et celui de la saison.

L'interprétation de toutes ces associations statistiques serait facilitée s'il existait une bonne compréhension des mécanismes de l'effet

hivernal saisonnier et/ou de l'effet des températures basses. En réalité, ces mécanismes ont fait l'objet de nombreux débats dans la littérature et deux théories s'opposent. La première suggère que les températures basses ont des effets directs sur le risque cardiovasculaire *via* un épaissement du sang et une augmentation des facteurs de coagulation, conduisant à des thromboses [13;31]. De plus, les températures basses seraient associées à un air sec pouvant augmenter le potentiel infectieux d'organismes comme le virus de la grippe. Selon cette théorie, des températures plus élevées seraient associées à un risque réduit. Il est intéressant de noter qu'au Royaume-Uni et en Allemagne, l'amélioration des conditions de logements et de chauffage a été associée à une diminution de la mortalité hivernale [32] et à une amélioration de la santé déclarée [33;34]. Cependant, bien que la précarité énergétique et la mauvaise isolation des logements constituent des problèmes majeurs, elles ne concernent qu'une faible proportion de la population. Dans les régions très développées, comme aux États-Unis ou en Europe, l'exposition directe à des températures très basses est rare. Aussi, nous pensons que cette théorie ne peut à elle seule expliquer la totalité de la surmortalité hivernale.

L'autre théorie émergente est que les maladies infectieuses, et particulièrement les infections respiratoires, sont élevées en hiver pour plusieurs raisons, et provoquent l'augmentation des inflammations et du risque cardiovasculaire [35;36]. Il est certain que les infections respiratoires sont fréquentes en hiver, la grippe en étant l'exemple le plus frappant et le plus significatif [35]. Les raisons en demeurent peu claires, mais peuvent être associées à des facteurs comme le temps passé à l'intérieur, les vacances et les activités scolaires, la faible humidité, etc. Il est difficile d'estimer l'influence directe de la température ambiante sur ces paramètres.

### L'impact des vagues de froid

Malgré une littérature croissante sur les relations entre température et mortalité, peu d'études ont été publiées sur l'impact de vagues de froid spécifiques sur la mortalité et la morbidité. Une des premières études documente une augmentation de l'incidence des infarctus du myocarde dans les 48 heures suivant une baisse soudaine des températures à Dallas, Texas [37]. Aux États-Unis, une augmentation significative de la mortalité est associée aux températures inférieures au 1<sup>er</sup> percentile de la distribution des températures [27]. En plus du risque lié à la température, les vagues de froid peuvent être associées à des tempêtes, de la neige et du verglas. Une augmentation des intoxications au monoxyde de carbone a été observée pendant ou immédiatement après des épisodes froids [38], alors que le verglas est fréquemment associé à une augmentation des traumatismes [39]. En janvier 1985, une vague de froid a été associée à une surmortalité de l'ordre de 13% en France, avec des augmentations observées pour toutes les causes de mortalité, et plus particulièrement pour les causes cardiovasculaires [40;41]. En janvier 2009, une augmentation significative de la mortalité a été observée chez les plus de 95 ans, et pourrait être en partie liée au froid et aux infections saisonnières [42].

Cependant, ces études sont descriptives et ne donnent pas d'informations quantitatives claires sur le rôle des températures basses comparé à celui des maladies infectieuses, ni sur les principaux facteurs de risque. En effet, à l'exception des résultats de l'étude *Eurowinter* [23], qui souligne l'importance d'adopter des comportements appropriés et de porter des tenues vestimentaires simples pendant les vagues de froid, le manque d'informations limite notre capacité à proposer des stratégies de prévention détaillées, comme celles qui existent pour les vagues de chaleur.

### La vulnérabilité de la population

Au cours des dernières décennies, la vulnérabilité aux effets directs des températures basses a probablement diminué, en lien avec une amélioration de l'habitat, des méthodes de chauffage et de l'habillement. Cependant, le vieillissement de la population pourrait augmenter la vulnérabilité dans les années à venir. Comme discuté ci-dessus, la capacité à limiter l'exposition au froid est fortement liée à la capacité à payer pour avoir des conditions de chauffage confortables. Bien que des mécanismes existent pour permettre l'accès à l'énergie pendant les mois d'hiver, la dégradation des conditions économiques et sociales pourrait certainement se traduire par une vulnérabilité accrue au froid.

Concernant la vulnérabilité à l'effet saisonnier hivernal, peu de données existent sur ses changements au cours du temps. Une étude américaine s'est intéressée aux tendances du ratio de la mortalité hivernale à la mortalité estivale entre les années 1930 et les années 1990 [43]. Une baisse de ce ratio a été observée au milieu du siècle, suivie par une augmentation à partir des années 1970. Les auteurs font l'hypothèse que cette dernière augmentation pourrait être liée à une diminution de la mortalité due à la chaleur en été, compte tenu de l'augmentation de la prévalence de la climatisation au cours de cette saison.

On pourrait aussi faire l'hypothèse que l'augmentation de la mortalité hivernale serait due à un déplacement graduel vers un régime de climat plus chaud. Une autre raison pouvant expliquer une vulnérabilité accrue pourrait être l'acclimatation à des hivers plus chauds, réduisant la capacité d'adaptation pendant les épisodes les plus froids, que ce soit *via* une réduction de l'adaptation physiologique au froid ou par des changements légers dans les comportements.

### Conclusions : mortalité hivernale et changement climatique, à quoi peut-on s'attendre ?

À partir de notre revue de la littérature, nous estimons qu'il n'est pas pertinent de considérer que la relation température-mortalité serait simplement transposée dans un contexte de changement climatique, permettant de conclure à une baisse significative de la mortalité hivernale. Si en fait la relation en U devait rester constante, et la température être décalée vers la droite, alors la mortalité diminuerait en hiver et augmenterait en été. Cependant, comme noté ci-dessus, l'hypothèse d'une fonction constante au cours du temps est peu confortée par les preuves transversales apportées par les études portant sur les villes européennes et américaines. Ces études montrent que

plus le climat est chaud, plus la forme de la partie gauche du U s'accroît, et plus la zone de confort thermique est déplacée vers la droite. À partir de ces résultats, nous faisons l'hypothèse que, dans un monde futur plus chaud, la mortalité saisonnière hivernale pourrait atteindre au moins les mêmes niveaux qu'aujourd'hui, et être associée à des températures plus hautes et moins variables.

Ainsi, à partir de notre revue de la littérature, nous concluons qu'il est peu probable que les hivers plus chauds dus au changement climatique entraînent une baisse significative de la mortalité saisonnière hivernale aux États-Unis et en Europe. De plus, nous considérons possibles que des vagues de froid surviennent, avec des effets sanitaires associés potentiellement importants. L'interaction entre les trois facteurs de risques principaux saison-froid-maladies infectieuses, ne permet pas d'attribuer clairement ces impacts au froid seul. Comme cela a été fait pour les vagues de chaleur, des études épidémiologiques sur les vagues de froid sont nécessaires, afin de mieux quantifier les risques sanitaires, d'identifier les populations vulnérables et de définir les mesures de prévention appropriées. Il est également impératif de mieux comprendre les caractéristiques de l'exposition au froid, et de bien différencier statistiquement la température, la saison et les autres facteurs de confusion. À cet égard, des méthodologies innovantes doivent être élaborées pour étudier la relation entre la température et la mortalité.

#### Références

- [1] Healy JD. Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *J Epidemiol Community Health*. 2003;57(10):784-9.
- [2] Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2002;24(2):190-202.
- [3] Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ Health*. 2009;(16)8:40.
- [4] Ballester F, Corella D, Perez-Hoyos S, Saez M, Hervas A. Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993. *Int J Epidemiol*. 1997;26(3):551-161.
- [5] Hajat S, Kovats RS, Atkinson RW, Haines A. Impact of hot temperature on death in London: a time series approach. *J Epidemiol Community Health*. 2002;56(5):367-72.
- [6] Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis. *Am J Epidemiol*. 1993;137(3):331-41.
- [7] Laaidi M, Laaidi K, Besancenot JP. Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming. *Int J Biometeorol*. 2006;51(2):145-53.
- [8] Pattenden S, Nikiforov B, Armstrong BG. Mortality and temperature in Sofia and London. *J Epidemiol Community Health*. 2003;57(8):628-33.
- [9] Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz J. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol*. 2002;155(1):80-7.
- [10] 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.
- [11] Christensen JH, Hewitson B, Busuioac A, Chen A, Gao X, Held I, et al. Regional climate projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2007.
- [12] Cattiaux J, Vautard R, Cassou C, Yiou P, Masson-Delmotte V, Codron F. Winter 2010 in Europe: a cold extreme in a warming climate. *Geophysical Research Letter*. 2010;37.
- [13] Keatinge WR. Winter mortality and its causes. *Int J Circumpolar Health*. 2002;61(4):292-9.
- [14] Langford IH, Bentham G. The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales. *Int J Biometeorol*. 1995;38(3):141-7.
- [15] Martens WJ. Climate change, thermal stress and mortality changes. *Soc Sci Med*. 1998;46(3):331-44.
- [16] Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, Hanson CE. 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.
- [17] Ciscar JC, ed. Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA Research Project. 2009 Nov. Disponible à : <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=2879>
- [18] Davis RE, Knappenberger PC, Novicoff WM, Michaels PJ. Decadal changes in summer mortality in U.S. cities. *Int J Biometeorol*. 2003;47(3):166-75.
- [19] Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, Baccini M, Forsberg B, Bisanti L, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *Am J Epidemiol*. 2008;168(12):1397-408.
- [20] Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*. 2009;20(2):205-13.
- [21] Anderson TW, le Riche WH. Cold weather and myocardial infarction. *Lancet*. 1970;1(7641):291-6.
- [22] Barnett AG, Dobson AJ, McElduff P, Salomaa V, Kuulasmaa K, Sans S. Cold periods and coronary events: an analysis of populations worldwide. *J Epidemiol Community Health*. 2005;59(7):551-7.
- [23] Eurowinter G. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. *Lancet*. 1997;349(9062):1341-6.
- [24] Mckee CM. Deaths in winter: can Britain learn from Europe? *Eur J Epidemiol*. 1989;5(2):178-82.
- [25] McMichael AJ, Wilkinson P, Kovats RS, Pattenden S, Hajat S, Armstrong B, et al. International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project. *Int J Epidemiol*. 2008;37(5):1121-31.
- [26] Medina-Ramon M, Schwartz J. Temperature, temperature extremes, and mortality: A study of acclimatization and effect modification in 50 United States Cities. *Occup Environ Med*. 2007.
- [27] Medina-Ramon M, Zanobetti A, Cavanagh DP, Schwartz J. Extreme temperatures and mortality: Assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis. *Environ Health Perspect*. 2006;114(9):1331-6.
- [28] Laake K, Sverre JM. Winter excess mortality: a comparison between Norway and England plus Wales. *Age Ageing*. 1996;25(5):343-8.
- [29] Doyon B, Bélanger D, Gosselin P. The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Québec, Canada. *Int J Health Geogr*. 2008;7:23.
- [30] Kloner R, Poole WK, Perritt RL. When throughout the year is coronary death most likely to occur? A 12-year population-based analysis of more than 220 000 cases. *Circulation*. 1999;100(15):1630-4.
- [31] Donaldson GC, Keatinge WR. Early increases in ischaemic heart disease mortality dissociated from and later changes associated with respiratory mortality after cold weather in south east England. *J Epidemiol Community Health*. 1997;51(6):643-8.
- [32] WHO Regional Office for Europe. Housing, energy and thermal comfort. A review of 10 countries within the WHO European Region. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2007.
- [33] Braubach M, Jacobs D, Ormandy D. Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2011.
- [34] Braubach M, Heinen D, Dame J. Preliminary results of the WHO Frankfurt housing intervention project. Copenhagen, Denmark: WHO Europe; 2008.
- [35] Reichert T, Simonsen L, Sharma A, Pardo S, Fedson DS, Miller M. Influenza and the winter increase in mortality in the United States, 1959-1999. *Am J Epidemiol*. 2004;160(5):492-502.
- [36] Woodhouse PR, Khaw KT, Plummer M, Foley A, Meade TW. Seasonal variations of plasma fibrinogen and factor VII activity in the elderly: winter infections and death from cardiovascular disease. *Lancet*. 1994;343(8895):435-9.
- [37] Teng H, Heyer H. The relationship between sudden changes in weather and the occurrence of acute myocardial infarction. *Am Heart J*. 1955;49(1):9-20.
- [38] Verrier A, Delaunay C, Coquet S, Théaudin K, Cabot C, Girard D, et al. Les intoxications au monoxyde de carbone survenues en France métropolitaine en 2007. *Bull Epidemiol Hebd*. 2010;(1):1-5.
- [39] Morency P, Voyer C, Beaulne G, Goudreau S. *Chutes extérieures en milieu urbain : impact du climat hivernal et variations géographiques*. Montréal, Canada: Agence de la santé et des services sociaux de Montréal; 2010.
- [40] Beaudeau P, Besancenot JP, Casério-Schönemann C, Cohen JC, Dejour-Salamanca D, Empereur-Bissonnet P, et al. Froid et santé. Éléments de synthèse bibliographique et perspectives. Rapport d'investigation. 2004. 48 p.
- [41] ORS Île-de-France. Conséquences de la vague de froid de janvier 1985 sur la mortalité en Île-de-France. 1987.
- [42] Fouillet A, Illeff D, Jossier L. Surveillance de la mortalité en France au cours de l'hiver 2008-2009, premiers éléments. *Bull Epidemiol Hebd*. 2009;(15):133-7.
- [43] Seretakakis D, Lagiou P, Lipworth L, Signorello LB, Rothman KJ, Trichopoulos D. Changing seasonality of mortality from coronary heart disease. *Jama*. 1997;278(12):1012-4.