

VULNÉRABILITÉ À LA CHALEUR : ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES FACTEURS DE RISQUE

// VULNERABILITY TO HEAT: UPDATE ON THE KNOWLEDGE ON RISK FACTORS

Karine Laaidi (ka.laaidi@invs.sante.fr), Aymeric Ung, Mathilde Pascal, Pascal Beaudeau

Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France

Soumis le 30.09.2014 // Date of submission: 09.30.2014

Résumé // Abstract

Le Plan national canicule s'appuie sur des connaissances épidémiologiques afin d'identifier les populations vulnérables et définir des mesures de prévention adaptées pour réduire l'impact des vagues de chaleur. Cet article présente une revue des facteurs de risque liés à la chaleur afin de déterminer si de nouveaux facteurs ont émergé et si certaines populations devraient être mieux prises en compte.

Cette revue de la littérature s'appuie sur une première synthèse effectuée en 2003 et sur 39 articles d'intérêt identifiés *via* une recherche sur PubMed. Elle met en évidence des facteurs de risque influençant l'exposition à la chaleur (absence de végétation, îlot de chaleur urbain, pollution, humidité, professions exposées à la chaleur...), la sensibilité individuelle (âge, pathologies préexistantes : cardiaques, neurologiques, respiratoires, endocriniennes, prise de certains médicaments) et la capacité d'adaptation (pauvreté, isolement, comportements à risque). Trois études indiquent des risques liés à la grossesse (malformations congénitales ou prématurité) peu connus auparavant.

La plupart des facteurs de risque identifiés étaient déjà connus et sont pris en compte dans les plans de prévention visant des populations cibles telles que les personnes âgées, les travailleurs, les sportifs, par exemple. Les risques liés à la grossesse mériteraient une prévention adaptée d'autant que certaines mesures simples peuvent être proposées. Par ailleurs, les facteurs urbains (végétation, densité urbaine, qualité des bâtiments) justifient la mise en place de politiques d'adaptation de long terme associées à des mesures ponctuelles (arrosage urbain).

The French National Heat Wave Prevention Plan is based on epidemiological knowledge to identify vulnerable populations and define prevention measures to reduce the impact of heat waves. This paper presents a review of heat-related risk factors, in order to determine if new factors have emerged and if specific populations should be better taken into account.

This literature review is based on a first synthesis conducted in 2003 and on 39 scientific papers of interest identified through a PubMed search. It highlights risk factors influencing the exposure to heat (lack of vegetation, urban heat island, pollution, humidity, occupational exposure to heat...), the individual sensitivity (age, pre-existing diseases as cardiac, neurological, endocrine, and drugs intake), and the adaptation capacity (poverty, social isolation, behaviour at risk). Three studies indicated pregnancy-related risks (congenital malformations, premature birth) that were little known until then.

Most of the identified risk factors were already known and taken into account into prevention plans targeting specific populations (elderly, workers, sportsmen, for example). The risks linked to pregnancy would deserve an adapted prevention, especially as some simple measures could be easily proposed. Moreover, urban factors (vegetation, urban density, housing quality) justify the implementation of long term adaptation policies associated to temporary measures (urban dousing).

Mots-clés : Vulnérabilité, Chaleur, Facteurs de risque
// Keywords: Vulnerability, Heat, Risk factors

Introduction

Bien que les risques liés à la chaleur aient été relativement bien documentés, le système de santé français a été pris de court par l'ampleur des conséquences sanitaires de la canicule de 2003¹. Les études épidémiologiques menées par l'Institut de veille sanitaire (InVS) dans ses suites, ainsi qu'une revue de la littérature, ont permis d'identifier des populations

vulnérables et ont contribué à la définition des actions de prévention mises en place *via* le Plan national canicule (PNC)².

La population générale est *a priori* aujourd'hui bien sensibilisée et mieux préparée pour faire face à des vagues de chaleur importantes, comme ont pu le montrer une enquête auprès de la population³ ou l'expérience de la canicule de juillet 2006,

qui s'est traduite par une surmortalité inférieure à ce qui était attendu selon un modèle mortalité-température établi sur les années précédant 2003⁴.

Cependant, la prévention peut laisser de côté certaines populations qui pourraient continuer à payer un lourd tribut aux canicules et l'évolution des facteurs de risques climatiques, démographiques et sociaux pourrait aggraver les conséquences sanitaires de la chaleur. Ces éléments conduisent à s'interroger sur les déterminants de la vulnérabilité à la chaleur, leurs évolutions et les opportunités qui pourraient en découler pour la surveillance et la prévention.

En 2013, la Direction générale de la santé (DGS) a saisi le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) afin de mettre à jour les recommandations du PNC pour le grand public et les professionnels de santé. Cet article résume les principaux éléments de la revue de la littérature réalisée à cette occasion.

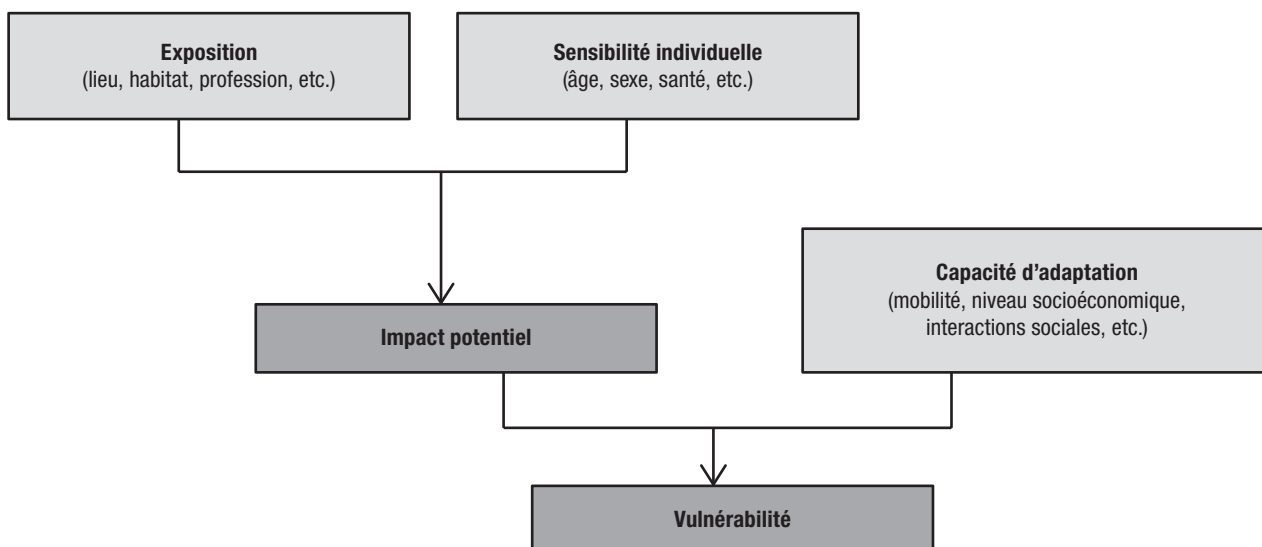
Méthode

La revue de la littérature s'appuie sur une synthèse réalisée en 2003¹ et sur les articles d'intérêt identifiés depuis et jusqu'en juin 2014 par une recherche sur PubMed à partir des mots-clés suivants, en anglais et en français : canicule, chaleur, vague de chaleur, chaleur extrême, vulnérabilité, vulnérable, facteur(s) de risque(s). Parmi les 182 articles obtenus, 39 revues de la littérature et études épidémiologiques ont été retenues. Les articles rejetés étaient redondants (même étude dans plusieurs revues ou études différentes apportant des résultats similaires) ou peu informatifs sur la chaleur (articles sur le changement climatique) ; d'autres concernaient la mortalité toutes causes sans information sur les facteurs de risque, ou étaient des commentaires d'articles.

Pour chaque article, les facteurs de risque ont été classés selon les trois composantes de la vulnérabilité à la chaleur décrites dans la figure.

Figure

Les composantes de la vulnérabilité aux vagues de chaleur (d'après M. Pascal et coll.⁵)



Résultats

Parmi les 34 études retenues, 18 concernaient l'Europe, 12 l'Amérique du Nord, 3 l'Australie et 1 l'Asie. Le tableau indique pour chaque facteur de risque, issu de la revue de la littérature, à quelle composante de vulnérabilité il appartient, le(s) type(s) d'études et combien en font mention.

Facteurs liés à la sensibilité individuelle

Jeune âge

Les enfants (moins de 1 an, 5 ou 10 ans selon les études⁶⁻⁹) ont une plus grande sensibilité individuelle due à un ratio masse/surface corporelle faible qui les rend plus susceptibles à la déshydratation⁶ et, durant les premiers jours de vie, des mécanismes de thermorégulation encore immatures¹⁰. Ces connaissances ont été confortées par une étude¹⁰ qui a montré un effet de la chaleur sur la mortalité périnatale le jour du pic de chaleur, les plus forts effets étant retrouvés pour des pathologies cardiovasculaires, respiratoires, digestives et pour des troubles hémorragiques et hématologiques. Néanmoins, malgré cette sensibilité individuelle, une surmortalité est très rarement observée chez les enfants du fait de la vigilance de l'entourage¹.

Grossesse

Par rapport à la revue de la littérature menée en 2003, des effets de la chaleur sur le développement fœtal ont été identifiés. Une association significative entre une augmentation de la température minimale journalière de 2,8°C, en particulier pendant la période critique de développement (semaines 4 à 7), et la présence de cataracte congénitale (odds ratio, OR=1,51 ; intervalle de confiance à 95%, IC95%: [1,14-1,99]) a été retrouvée dans l'État de New-York¹¹. Une étude australienne a montré un risque plus élevé de naissances prématurées chez les femmes ayant subi une ou plusieurs périodes caniculaires au cours de leur grossesse.

Les facteurs de risque à la chaleur

Facteurs de vulnérabilité	Composante de la vulnérabilité à la chaleur*	Type d'étude**	Nombre d'études
Sociodémographiques :			
Âge	Sensibilité, adaptation	Revue, carto, épidémio, stats	16
Sexe	Sensibilité	Épidémio et stats	3
Sanitaires :			
Pathologies	Sensibilité	Revue, carto, épidémio	8
Consommation de médicaments	Sensibilité, adaptation	Revue	1
Sociaux :			
Pauvreté	Adaptation	Revue, carto, épidémio	3
Absence de climatisation	Adaptation	Revue, carto	2
Marginalisation socioéconomique	Adaptation	Revue, carto, épidémio	5
Travail	Expo	Revue, épidémio	2
Environnementaux :			
Absence d'espaces verts	Expo	Revue, épidémio	3
Habitat	Expo	Revue, carto, épidémio	3
Pollution	Expo	Revue	1
Conditions météorologiques aggravant la chaleur	Expo	Revue, épidémio	2
Densité urbaine, îlot de chaleur urbain	Expo	Revue, carto, épidémio	5
Comportementaux :			
Habillement	Adaptation	Épidémio	1
Mobilité	Adaptation	Revue, épidémio	2
Alcool/caféine	Adaptation	Revue, épidémio	2
Exposition au soleil	Expo, adaptation	Épidémio	1

* Composante de la vulnérabilité à la chaleur : expo = exposition ; sensibilité = sensibilité individuelle ; adaptation = capacité d'adaptation.

** Type d'étude : revue = revue de la littérature ; carto = cartographie des index de vulnérabilité ; épidémio = étude épidémiologique (écologique, *case-crossover*, *cas-témoin*, *case-only*, régression de Cox ou de Poisson) ; stats = statistiques nationales.

L'étude a contrôlé différents facteurs de confusion et trouvé une relation de type dose-réponse en fonction de l'augmentation des températures, la durée de la canicule n'augmentant le risque que pour les températures les plus élevées¹². De même, à Rome, un effet à court terme d'une augmentation de la température, et plus particulièrement des vagues de chaleur (+19% ; IC95%: [7,91%-31,69%]), a été observé sur les naissances prématurées¹³. À Montréal, une étude sur 300 000 naissances de 1981 à 2010 a montré une augmentation non significative des naissances prématurées (avant 37 semaines de grossesse) en cas de fortes chaleurs sur plusieurs jours, ce risque devenant significatif pour les naissances précoces (entre 37 et 38 semaines de grossesse)¹⁴.

Sexe

Le sexe peut être un facteur de risque différent selon l'âge et le lieu. Aux États-Unis, de 2010 à 2013, plus d'hommes que de femmes âgés de 50 à 89 ans sont décédés de la chaleur⁸. Les effectifs sont cependant

faibles (de 32 à 100 cas annuels chez les hommes pour cette tranche d'âge, entre 12 et 60 chez les femmes). Chez les enfants de moins de 1 an, une surmortalité plus élevée a été observée parmi les filles, avec un risque de décès 2 fois plus élevé que pour les garçons durant les jours très chauds, essentiellement en période périnatale ; les auteurs n'expliquent pas cette différence sur une base physiologique, mais supposent qu'elle pourrait être liée à la taille des effectifs, bien que l'étude ait inclus près de 1 500 décès d'enfants¹⁰. Chez les personnes âgées, où le risque est le plus important, aucune différence de genre n'a été retrouvée après stratification sur l'âge¹⁰.

En Allemagne, une étude sur l'ensemble de la population a montré une augmentation de la mortalité par ischémie myocardique plus élevée chez les femmes (18,4%) que chez les hommes (11,4%). Elle pourrait s'expliquer selon les auteurs par des facteurs populationnels (structure par âge, structures sociales, différences ethniques) ou physiologiques (ménopause, maladies préexistantes telles que le diabète)¹⁵.

Pathologies

Diverses manifestations pathologiques peuvent augmenter en cas de pic de chaleur, les plus fréquemment citées étant les pathologies cardiovasculaires, respiratoires, neurologiques/psychiatriques, rénales/urinaires et le diabète^{10,15-21}. En ce qui concerne les maladies psychiatriques, une relation a pu être trouvée entre chaleur et hospitalisations pour troubles bipolaires à Taïwan, surtout chez les femmes adultes²².

Le décalage entre le pic de chaleur et la survenue des manifestations est le plus souvent de 0 à 2 jours¹⁵, mais il peut aller jusqu'à 6 jours, en particulier pour les pathologies psychiatriques et respiratoires. Un sur-risque de décès de 30% (risque relatif, RR: 1,3 ; IC95%: [1,21-1,40]) à 2 jours et de 40% (RR: 1,4 ; IC95%: [1,30-1,52]) à 6 jours pour les maladies psychiatriques a été rapporté en Catalogne¹⁰, tandis qu'aux États-Unis, un effet cumulatif a été montré pour les maladies respiratoires, avec un risque d'hospitalisation accru de 2,2% [IC95%: 1,3%-3,1%], lors d'une augmentation de la température de 5,6°C la semaine précédant l'hospitalisation²⁰. D'autres pathologies peuvent être aggravées par la chaleur comme les maladies cérébrovasculaires¹⁶, digestives ou infectieuses¹⁰, ou les déséquilibres électrolytiques²¹. Une étude suisse a montré une augmentation des gastroentérites infectieuses pendant les vagues de chaleur, surtout après un délai de 7 jours, et une augmentation des maladies inflammatoires intestinales avec un effet immédiat²³. À Toronto (Canada), les passages aux urgences pour troubles mentaux et du comportement augmentent au-dessus de 28°C, en particulier dans un délai de 0 à 4 jours²⁴.

L'obésité¹⁸ et le diabète¹⁹, surtout chez les personnes âgées²⁵, constituent des facteurs de risque en période caniculaire. Enfin, une recrudescence des causes externes de mortalité, principalement suicides^{10,18}, chutes et noyades¹⁰, a été observée.

Médicaments

De nombreux médicaments, par leur mécanisme d'action ou par les effets indésirables qu'ils entraînent, sont susceptibles d'aggraver les symptômes liés aux températures extrêmes. Il s'agit notamment des anti-parkinsoniens, des antidépresseurs²⁶, des neuroleptiques ou des vasodilatateurs²⁷ ; les diurétiques peuvent entraîner une déshydratation, tandis que les bêtabloquants et les anticholinergiques concourent à une réduction de la vasodilatation et de la transpiration, et les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine font diminuer la sensation de soif¹⁹.

Facteurs liés à l'exposition

Environnement

Les personnes vivant en centre-ville²⁸, dans des quartiers à forte densité urbaine¹⁹ ou à forte densité de population⁷ sont plus vulnérables à la chaleur. L'îlot de chaleur urbain^{16,29} constitue un facteur de risque, de même que le manque de végétation, qu'il soit réel³⁰ ou perçu (RR:1,29 ; IC95%: [1,01-1,65]⁹). Les personnes

vivant dans des logements anciens^{7,9}, mal isolés contre la chaleur ou dont la chambre se situe sous les toits²⁶ sont également plus vulnérables.

Enfin, d'autres facteurs aggravent le risque lié aux fortes températures : la pollution^{16,30}, l'humidité, un vent faible ou nul et un fort rayonnement thermique³¹.

Profession

Dans les quartiers à forte proportion de travailleurs manuels, les risques de décéder de la chaleur peuvent être plus élevés (RR: 1,25 ; IC95%: [0,96-1,64])⁹. Les travailleurs exerçant une activité dans des environnements non protégés de la chaleur, surtout dans des conditions socioéconomiques défavorables, sont plus vulnérables³¹. Pour les travailleurs, les risques sont principalement l'épuisement dû à la chaleur et le coup de chaleur et, pour l'entreprise, la baisse de productivité. Une augmentation de l'indice WBGT⁽¹⁾ de 25 à 40°C se traduit par une diminution progressive de la capacité de travail, qui devient presque nulle³¹. Ces températures, fréquemment rencontrées pendant la saison chaude des pays tropicaux, peuvent également se rencontrer dans les pays tempérés, mais beaucoup moins fréquemment et sur des périodes moins longues. Bien que les personnes âgées aient payé le plus lourd tribut à l'épisode caniculaire d'août 2003 (91% de la surmortalité), une surmortalité de +9% (soit un peu plus de 1 200 décès en excès entre le 1^{er} et le 20 août) a été enregistrée chez les 35-64 ans, en grande partie chez les hommes³². Bien qu'aucune précision ne soit donnée dans cette étude sur la profession des personnes décédées, cette tranche d'âge correspond à une population professionnellement active, incluant en particulier des travailleurs exposés à la chaleur (bâtiment, etc.).

Aux États-Unis, en Arizona, une étude a montré que les hommes travaillant dans l'agriculture ou la construction avaient un sur-risque de décès (OR entre 2 et 3,5), tout particulièrement les agriculteurs de plus de 65 ans³³. En Australie, une étude a trouvé une augmentation des déclarations d'accidents de 0,2% pour une augmentation de 1°C de la température maximale, certaines professions et industries étant particulièrement touchées (agriculture, foresterie, pêche, construction, etc.)³⁴. En Ontario, les pathologies liées à la chaleur parmi les travailleurs se rencontrent plus fréquemment chez les hommes, les travailleurs jeunes, les travailleurs manuels et ceux ayant un contrat de travail court³⁵.

La pratique d'activités sportives, à titre professionnel ou non, fait partie des expositions à risque. Le coup de chaleur d'exercice (CCE) est susceptible d'entraîner le décès s'il n'est pas pris en charge suffisamment tôt. Son incidence a été estimée à 25/100 000 aux États-Unis en 2011 et à 19,8/100 000 parmi

⁽¹⁾ WBGT : *Wet Bulb Globe Temperature*. Il s'agit d'un indice combinant les effets de la température, de l'humidité, de la vitesse du vent, de la radiation visible et infra-rouge sur l'organisme humain.

les militaires français en 2010³⁶. Si la présence de pathologies cardiovasculaires, d'une inflammation chronique ou aiguë, la surcharge pondérale, la privation de sommeil, certains facteurs génétiques et la prise de certains médicaments ou d'alcool constituent des facteurs de risque, une prévention adaptée peut réduire le risque de CCE : éviter toute activité pratiquée au soleil ou aux heures les plus chaudes de la journée, acclimatation au contexte thermique, entraînement physique en endurance et d'intensité suffisante et hydratation en particulier³⁷.

Facteurs liés à la capacité d'adaptation

Facteurs sociaux

Les personnes considérées comme vulnérables d'un point de vue socioéconomique (indice de Townsend), c'est-à-dire, chômeurs, ménages ne possédant pas de voiture ou n'étant pas propriétaires, habitant des logements surpeuplés⁷ ou vivant sous le seuil de pauvreté²⁹, présentent un risque plus élevé pendant les vagues de chaleur, en particulier parce qu'elles n'ont pas facilement accès aux ressources pour lutter contre la chaleur²⁶ ou à la climatisation^{6,25}.

En France, les populations vivant dans les cantons les plus défavorisés ont été plus touchées par la vague de chaleur de 2003 : à Paris, les taux de surmortalité étaient 2 fois plus élevés dans les arrondissements les plus défavorisés (indice de désavantage social >80^e percentile de la distribution de l'indice)³⁸. D'autres études n'ont cependant pas retrouvé de lien entre le niveau socioéconomique et le risque de décès pendant les vagues de chaleur³⁹⁻⁴¹.

Les personnes marginalisées socialement²⁸, isolées, vivant seules^{7,25}, appartenant à des minorités ethniques (États-Unis), ayant un faible niveau d'éducation, sont également plus à risque. Un excès de risque de décès à Paris en 2003 chez les personnes non mariées a été retrouvé (OR:1,63 ; IC95%: [1,23-2,15]), essentiellement chez les hommes⁴². En France, en 2003, les personnes jeunes décédées étaient souvent sans abri ou socialement et économiquement isolées⁴³. L'isolement caractérise des personnes âgées qui vivent plus souvent seules et ont moins d'interactions sociales^{19,29}.

Facteurs comportementaux

Parmi les facteurs comportementaux cités, on trouve l'habillement excessif, surtout chez les personnes âgées, ou une moindre mobilité ne permettant pas de mettre en œuvre aisément des stratégies de lutte contre la chaleur comme se rendre seul dans un endroit frais²⁶. La prise de boissons alcoolisées ou de caféine¹⁹ sont d'autres facteurs de risques comportementaux.

Facteurs relevant de plusieurs composantes de la vulnérabilité

Âge élevé

L'âge élevé est souvent retrouvé comme un facteur de risque de surmortalité pendant les vagues de chaleur,

avec un seuil de définition différent selon les études qui considèrent les 60 ans et plus^{8,44}, les 65 ans et plus^{6,7,9,20,25,28} ou les 70 ans et plus¹⁰.

Durant les vagues de chaleur, les personnes âgées cumulent une sensibilité individuelle (pathologies préexistantes, réduction de la thermorégulation, diminution de la sensation de chaud et de soif, diminution des capacités de l'appareil circulatoire à lutter contre la chaleur) avec une capacité d'adaptation moindre (mobilité réduite, prise de médicaments altérant les fonctions sudoripares ou cognitives, entraînant somnolence et moindre besoin de boire, hypotension ou augmentation de la température corporelle)^{6,19}.

La littérature offre cependant des exemples récents de communautés de personnes âgées ayant mis en place des mesures de prévention adaptées. Ainsi, à Phoenix (États-Unis)⁴⁵, des communautés avec un fort taux de personnes de 65 ans et plus enregistrent moins d'appels de détresse en lien avec la chaleur : il s'agit de communautés aisées, où les habitants sont bien sensibilisés aux comportements à adopter en cas de fortes chaleur et ont un accès facile aux soins médicaux.

Conclusion

Dans un contexte de changement climatique⁴⁶, il devient encore plus important de mieux identifier les populations les plus vulnérables aux températures extrêmes et les stratégies d'intervention et d'adaptation les plus appropriées, en particulier d'un point de vue coût-efficacité.

Cette revue de la littérature a confirmé les connaissances sur plusieurs facteurs de risque tels que l'âge, certains médicaments ou pathologies, l'environnement (densité urbaine, îlot de chaleur urbain, pollution), la pauvreté, l'isolement social ou certains comportements. Les résultats selon le sexe diffèrent suivant les études et ne permettent pas de conclure.

Ces risques ont donné lieu à la mise en place de mesures de prévention, au travers du PNC en particulier. Les effets positifs de la prévention confortent la nécessité de la maintenir et, dans certains cas, de la renforcer : ainsi, la prise en charge des jeunes enfants a très certainement contribué à une surmortalité non significative en août 2003 en France³², alors qu'elle avait été de 29 000 décès lors de la canicule de 1911⁴⁷. De même, la prévention collective dans certaines communautés de personnes âgées s'est avérée efficace⁴⁵. En France, l'expérience de nouvelles canicules comparables à celle de 2003 manque pour juger pleinement l'efficacité du PNC, même si la surmortalité de la canicule de juillet 2006 a été inférieure à celle attendue⁴.

Les personnes âgées restent sans doute la population la plus vulnérable et quantitativement la plus importante. Cela devrait s'accroître dans les années à venir au vu des projections démographiques. Ainsi, en 2060, les personnes âgées de plus de 75 ans devraient être 11,9 millions *versus* 5,2 millions

en 2007⁴⁸. La prévention auprès de cette population doit être maintenue et améliorée, par exemple en confortant le rôle du médecin généraliste, souvent le mieux à même d'identifier les facteurs de risque personnels de leur patient et de l'aider à mettre en place des stratégies de lutte contre la chaleur¹⁹. La solidarité, mise en avant dans le PNC, et les messages de prévention diffusés par l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes) permettent également d'aider les personnes âgées à se protéger des effets de la chaleur. La solidarité peut être individuelle envers les personnes de l'entourage, ou collective *via* les centres communaux d'action sociale, les listes municipales de personnes vulnérables, etc.

Cependant, certaines populations ne sont actuellement pas ou peu prises en compte dans le PNC. Il s'agit en particulier des femmes enceintes, pour lesquelles des mesures simples peuvent être mises en place même si peu d'études sont actuellement disponibles, des travailleurs exposés à la chaleur, pour lesquels les risques sont encore peu étudiés dans les pays tempérés et devraient être confirmés par des études épidémiologiques, des sportifs chez qui le coup de chaleur d'exercice peut être évité par des mesures appropriées.

Si cette revue de la littérature confirme les orientations prises dans le PNC, et sur certains aspects, encourage à les compléter, elle met aussi en exergue l'influence du contexte culturel sur les facteurs de risque. Aussi, une étude sur la perception du risque et sa gestion auprès de la population et des acteurs pourrait apporter des éléments utiles, notamment pour adapter les conclusions des travaux étrangers au contexte français.

S'agissant des aspects environnementaux, la prévention et l'adaptation des villes concernant la pollution et les îlots de chaleur urbains doivent être poursuivies et améliorées. Concernant la pollution de l'air extérieur, les mesures recommandées sont parfois contradictoires avec celles destinées à lutter contre la chaleur (aérer contre fermer les fenêtres par exemple) et les messages doivent être plus clairs sur les mesures prioritaires en cas de pic de chaleur et de pollution concomitants. Pour les îlots de chaleur urbains, les essais de prévention ponctuelle, tel l'arrosage urbain testé à Paris depuis l'été 2012, doivent se poursuivre afin de déterminer les mesures les plus appropriées. Elles doivent être complétées par des mesures de long terme concernant l'isolation des bâtiments et les stratégies urbaines pour réduire les températures, surtout dans les quartiers les plus chauds. ■

Références

[1] Ravault C, Isnard H, Ledrans M. Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France. Bilan et perspectives. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2003. 120 p. http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=5903

[2] Ministère des Affaires sociales et de la Santé, Ministère de l'Intérieur, Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social. Instruction interministérielle n° DGS/DUS/DGOS/DGCS/DGSCGC/DGT n° 2013-152 du 10 avril 2013 relative au Plan National Canicule 2013.

http://www.sante.gouv.fr/fichiers/bo/2013/13-05/ste_20130005_0000_0069.pdf

[3] Léon C, Girard D, Arwidson P, Guilbert P. Comportements préventifs des Français et impact des campagnes de prévention durant la canicule 2006. *Évolutions*. 2007;7:1-6.

[4] Fouillet A, Rey G, Wagner V, Laaidi K, Empereur-Bissonnet P, Le Tertre A, *et al.* Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *Int J Epidemiol*. 2008;37(2):309-17.

[5] Pascal M, Laaidi K. Atelier interdisciplinaire sur la vulnérabilité aux vagues de chaleur. 17 mai 2013. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2014. 24 p.

[6] Balbus JM, Malina C. Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States. *J Occup Environ Med*. 2009;51(1):33-7.

[7] Buscail C, Upegui E, Viel J. Mapping heatwave health risk at the community level for public health action. *Int J Health Geogr*. 2012;11(38).

[8] National Weather Service. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2010 Heat related fatalities. Silver Spring (MD): NSW-NOAA; 2011. 2 p. <http://www.nws.noaa.gov/om/hazstats/heat10.pdf>

[9] Xu Y, Dadvand P, Barrera-Gómez J, Sartini C, Mari-Dell'Olmo M, Borrell C, *et al.* Differences on the effect of heat waves on mortality by sociodemographic and urban landscape characteristics. *J Epidemiol Community Health*. 2013;67(6):519-25.

[10] Basagaña X, Sartini C, Barrera-Gómez J, Dadvand P, Cunillera J, Ostro B, *et al.* Heat waves and cause-specific mortality at all ages. *Epidemiology*. 2011;22(6):765-72.

[11] Van Zutphen AR, Lin S, Fletcher BA, Hwang SA. A population-based case-control study of extreme summer temperature and birth defects. *Environ Health Perspect*. 2012;120(10):1443-9.

[12] Wang J, Williams G, Guo Y, Pan X, Tong S. Maternal exposure to heatwave and preterm birth in Brisbane, Australia. *BJOG*. 2013;120(13):1631-41.

[13] Schifano P, Lallo A, Asta F, De Sario M, Davoli M, Michelozzi P. Effect of ambient temperature and air pollutants on the risk of preterm birth, Rome 2001-2010. *Environ Int*. 2013;61:77-87.

[14] Auger N, Naimi AI, Smargiassi A, Lo E, Kosatsky T. Extreme heat and risk of early delivery among preterm and term pregnancies. *Epidemiology*. 2014;25(3):344-50.

[15] Zacharias S, Koppe C, Mücke HG. Influence of heat waves on ischemic heart diseases in Germany. *Climate*. 2014;2:133-52.

[16] Haines A, Kovats RS, Campbell-Lendrum D, Corvalan C. Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health. *Public Health*. 2006;120(7):585-96.

[17] Schwartz J. Who is sensitive to extremes of temperature? A case-only analysis. *Epidemiology*. 2005;16(1):67-72.

[18] Banwell C, Dixon J, Bambrick H, Edwards F, Kjellström T. Socio-cultural reflections on heat in Australia with implications for health and climate change adaptation. *Glob Health Action*. 2012;5(1).

[19] Wilson L, Black D, Veitch C. Heatwaves and the elderly – The role of the GP in reducing morbidity. *Aust Fam Physician*. 2011;40(8):637-40.

[20] Anderson GB, Dominici F, Wang Y, McCormack MC, Bell ML, Peng RD. Heat-related emergency hospitalizations for respiratory diseases in the Medicare population. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(10):1098-103.

- [21] Reid CE, Mann JK, Alfasso R, English PB, King GC, Lincoln RA, *et al.* Evaluation of a heat vulnerability index on abnormally hot days: an environmental public health tracking study. *Environ Health Perspect.* 2012;120(5):715-20.
- [22] Sung TI, Chen MJ, Su HJ. A positive relationship between ambient temperature and bipolar disorder identified using a national cohort of psychiatric inpatients. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* 2013;48:295-302.
- [23] Manser CN, Paul M, Rogler G, Held L, Frei T. Heat waves, incidence of infectious gastroenteritis, and relapse rates of inflammatory bowel disease: a retrospective controlled observational study. *Am J Gastroenterol.* 2013;108(9):1480-5.
- [24] Wang X, Lavigne E, Ouellette-Kuntz H, Chen BE. Acute impacts of extreme temperature exposure on emergency room admissions related to mental and behavior disorders in Toronto, Canada. *J Affect Disord.* 2014;155:154-61.
- [25] Reid CE, O'Neill MS, Gronlund CJ, Brines SJ, Brown DG, Diez-Roux AV, *et al.* Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environ Health Perspect.* 2009;117(11):1730-6.
- [26] Vandentorren S, Bretin P, Zeghnoun A, Mandereau-Bruno L, Croisier A, Cochet C, *et al.* August 2003 heat wave in France: risk factors for death of elderly people living at home. *Eur J Public Health.* 2006;16(6):583-91.
- [27] Institut de veille sanitaire. Étude des facteurs de risque de décès des personnes âgées résidant en établissement durant la vague de chaleur d'août 2003. Saint-Maurice: InVS; 2005. 114 p. http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=5389
- [28] Aubrecht C, Özceylan D. Identification of heat risk patterns in the U.S. National Capital Region by integrating heat stress and related vulnerability. *Environ Int.* 2013;56:65-77.
- [29] Harlan SL, Declet-Barreto JH, Stefanov WL, Petitti DB. Neighborhood effects on heat deaths: social and environmental predictors of vulnerability in Maricopa County, Arizona. *Environ Health Perspect.* 2013;121(2):197-204.
- [30] Pascal L, Pascal M. (Coord.). Numéro thématique. Épidémiologie et pollution atmosphérique urbaine : l'observation au service de l'action. *Bull Epidémiol Hebd.* 2013;(1-2):1-20. <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/BEH-Bulletin-epidemiologique-hebdomadaire/Archives/2013/BEH-n-1-2-2013>
- [31] Kjellstrom T, Gabrysch S, Lemke B, Dear K. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. *Glob Health Action.* 2009;2.
- [32] Hémon D, Jouglé E. Surmortalité liée à la canicule d'août 2003. Rapport d'étape. Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. Paris: Inserm; 2003. 59 p.
- [33] Petitti DB, Harlan SL, Chowell-Puente G, Ruddell D. Occupation and environmental heat-associated deaths in Maricopa county, Arizona: a case-control study. *PLoS One.* 2013;8(5):e62596.
- [34] Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A, Sullivan T. Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001-2010. *Occup Environ Med.* 2014;71(4):246-52.
- [35] Fortune MK, Mustard CA, Etches JJ, Chambers AG. Work-attributed illness arising from excess heat exposure in Ontario, 2004-2010. *Can J Public Health.* 2013;104(5):e420-6.
- [36] Sagui E, Abriat A, Duron S, Gazzola S, Bréigéon M, Brossat C. Coup de chaleur d'exercice : clinique et diagnostic. *Médecine et Armées.* 2012;40(3):201-5. <http://www.ecole-valdegrace.sante.defense.gouv.fr/mediatheque/la-revue-medecine-armees/medecine-armees-2012/medecine-armees-juin-2012-n-3>
- [37] Sauvet C, Chennaoui M, Banzet S, Bourrilhon C, Canini F, Bourdon L, *et al.* Coup de chaleur d'exercice, système cardiovasculaire et vulnérabilité systémique. *Médecine et Armées.* 2012;40(3):231-40. <http://www.ecole-valdegrace.sante.defense.gouv.fr/mediatheque/la-revue-medecine-armees/medecine-armees-2012/medecine-armees-juin-2012-n-3>
- [38] Rey G, Fouillet A, Bessemoulin P, Frayssinet P, Dufour A, Jouglé E, *et al.* Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality. *Eur J Epidemiol.* 2009;24(9):495-502.
- [39] Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occup Environ Med.* 2007;64(2):93-100.
- [40] Ishigami A, Hajat S, Kovats RS, Bisanti L, Rognoni M, Russo A, *et al.* An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environ Health.* 2008;7:5.
- [41] Ostro BD, Roth LA, Green RS, Basu R. Estimating the mortality effect of the July 2006 California heat wave. *Environ Res.* 2009;109(5):614-9.
- [42] Canoui-Poitaine F, Cadot E, Spira A. Excess deaths during the August 2003 heat wave in Paris, France. *Rev Epidémiol Santé Publique.* 2006;54(2):127-35.
- [43] Collet V. Canicule 2003. Origines sociales et ressorts contemporains d'une mort solitaire. Paris: L'Harmattan (coll. Questions contemporaines); 2005. 186 p.
- [44] Aubrecht C, Steinnocher K, Köstl M, Züger J, Loibl W. Long-term spatio-temporal social vulnerability variation considering health-related climate change parameters particularly affecting elderly. *Nat Hazards.* 2013;68:1371-84.
- [45] Uejio CK, Wilhelm OV, Golden JS, Mills DM, Gulino SP, Samenow JP. Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: the role of heat exposure and the built environment, socioeconomic, and neighborhood stability. *Health Place.* 2011;17(2):498-507.
- [46] OMM, PNUE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Résumé à l'intention des décideurs. Cambridge & New York (N.Y.): Cambridge University Press; 2013. 34 p. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
- [47] Rollet C. La canicule de 1911. Observations démographiques et médicales et réactions politiques. *Annales de Démographie Historique.* 2010;(120):105-30. <http://www.cairn.info/revue-annales-de-demographie-historique-2010-2-page-105.htm>
- [48] Blanpain N, Chardon O. Projections de population à l'horizon 2060. *Insee Première.* 2010;1320:1-4. <http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1320/ip1320.pdf>

Citer cet article

Laaidi K, Ung A, Pascal M, Beaudeau P. Vulnérabilité à la chaleur : actualisation des connaissances sur les facteurs de risque. *Bull Epidémiol Hebd.* 2015;(5):76-82. http://www.invs.sante.fr/beh/2015/5/2015_5_1.html