
CANICULE. BILAN DES ETUDES REALISEES PAR L'INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE ET MISE EN PLACE D'UN SYSTEME D'ALERTE

K LAAIDI*, **P BRETIN**¹, **S CASSADOU**¹, **B CHARDON**², **C DECLERCQ**³, **M D'HELFI**¹, **D EILSTEIN**¹, **P EMPEREUR-BISSONNET**¹, **P FABRE**¹, **L FILLEUL**¹, **JF JUSOT**¹, **A LEFRANC**², **A LE TERTRE**¹, **D LAUZEILLE**¹, **M LEDRANS**¹, **C LORENTE**¹, **S MEDINA**¹, **L PASCAL**¹, **M PASCAL**¹, **H PROUVOST**³, **G SALINES**¹, **C SERAZIN**¹, **H TILLAUT**¹, **S VANDENTORREN**¹, **A ZEGHNOUN**¹.

1. *Institut de veille sanitaire*

2. *Observatoire régional de la santé Ile-de-France*

3. *Observatoire régional de la santé Nord Pas-de-Calais*

Résumé : Suite à la vague de chaleur de l'été 2003, l'Institut de Veille Sanitaire a mis en place différentes études : deux enquêtes cas-témoins afin d'étudier les facteurs de risques de décès chez les personnes âgées, à domicile et en établissement, pendant la vague de chaleur, et une étude sur 9 villes françaises afin d'évaluer l'impact sanitaire de la pollution photo-chimique et de la température. Par ailleurs, afin de prévenir les conséquences d'une nouvelle vague de chaleur, un système d'alerte opérationnel pour l'été 2004 a été mis au point, fondé sur une surmortalité toutes causes pouvant être liée à la température. Dans le cadre du plan National Canicule de la Direction générale de la santé, ce système a été conçu pour permettre d'alerter les autorités publiques avec trois jours d'anticipation de la survenue possible d'un phénomène épidémique de grande ampleur en rapport avec une vague de chaleur. À la suite de sa première année de fonctionnement, il sera évalué et amélioré pour l'été 2005.

Mots clés : canicule, santé, risque, pollution, alerte.

Abstract. Following the 2003 summer heat wave, the National Institute for Public Health Surveillance has conducted different studies: two case-control studies in order to evaluate the risk factors among the elderly, at home and in nursing homes, during the heat wave, and a study on 9 French cities in order to estimate the health impact of ozone pollution and temperature. In addition, a Heat Health Watch Warning System has been set up for the summer 2004, based on an excess of mortality (all causes together) linked to temperature. In the framework of the Ministry of Health's Heat Wave National Plan,

* Karine Laaidi. Institut de veille sanitaire. Département santé environnement. 12 rue du Val d'Osne. 94415 Saint-Maurice Cedex. Tel. 01.55.12.53.22. Courriel : k.laaidi@invs.sante.fr

the alert system has been designed to alert the public authorities three days in advance on the possible onset of a great epidemic phenomenon linked to a heat wave. Following its first year, it will be evaluated and improved for summer 2005.

Key words: heat wave, health, risk, pollution, alert.

Introduction

La canicule de l'été 2003 a été exceptionnelle en France à plus d'un titre puisque de fortes chaleurs ont persisté du 15 juillet au 15 août 2003 et que les températures maximales et minimales étaient inhabituellement hautes pendant la première quinzaine d'août. Selon Météo-France, l'été 2003 est ainsi le plus chaud depuis le début des mesures (soit plus de 50 ans en général) pour les températures maximales et, fait important, pour les températures minimales (Météo-France 2003). La vague de chaleur d'août 2003 a été accompagnée suivie de très près par une vague de surmortalité à court terme d'une importance exceptionnelle, en particulier chez les personnes âgées de plus de 75 ans. Les départements ont subi une surmortalité d'autant plus importante que le nombre de jours consécutifs avec des maximales supérieures à 35°C a été élevé (Hémon et Jouglà Invs 2003).

L'Institut de veille sanitaire (Invs) a rapidement mis en place, dès le mois d'août, deux enquêtes cas-témoins afin d'étudier les facteurs de risques de décès chez les personnes âgées, à domicile et en établissement, pendant la vague de chaleur. Par ailleurs, l'impact sanitaire de la pollution photo-chimique et de la température a été évalué au travers du programme de surveillance air et santé (Psas 9) dans neuf villes françaises. Enfin, afin de prévenir les conséquences d'une nouvelle vague de chaleur, l'Invs a mis au point un système d'alerte opérationnel pour l'été 2004, fondé sur une surmortalité toutes causes pouvant être liée à la température. Dans le cadre du Plan National Canicule, ce système a été conçu pour permettre d'alerter les autorités publiques, avec trois jours d'anticipation de la survenue possible d'un phénomène épidémique de grande ampleur en rapport avec une vague de chaleur. Les plans d'actions intervenant en amont et en aval de l'alerte ont été développés indépendamment par les autorités compétentes (Plan National Canicule de la Direction générale de la santé, DGS).

Cet article se propose donc de faire la synthèse des études réalisées par l'Invs depuis le mois d'août 2003 et de présenter le **système d'alerte canicule et santé** 2004 (**Sacs**) ainsi que les améliorations envisagées pour l'été 2005.

I - Étude cas-témoins sur les facteurs de risque de décès chez les personnes âgées résidant à domicile pendant la vague de chaleur d'août 2003

1.1. Méthode

Une étude cas-témoins appariée a été réalisée chez les personnes de 65 ans et plus. Les cas étaient des personnes résidant à leur domicile depuis au moins le 4 août et décédées entre les 8 et 13 août, en excluant les suicides, les accidents et les complications chirurgicales.

Les témoins étaient des personnes ayant survécu à la période de canicule, recrutées par listing téléphonique et appariées aux cas sur la classe d'âge, le sexe et la zone d'habitation.

La zone d'étude portait sur Paris (65% des personnes), le Val-de-Marne (28%), Tours et Orléans (7%). Les variables collectées concernaient les caractéristiques socio-démographiques, les comportements pendant la canicule, l'environnement social et familial, l'autonomie, l'état de santé, les caractéristiques du logement et celles de l'environnement dans un rayon de 200 mètres autour du logement.

Une étude des températures moyennes de surface par photographie satellite (images Landsat 5, canal TM6) a permis de déterminer avec précision la température.

Les données ont été analysées par un modèle de régression logistique conditionnelle. Les odds ratio (OR) de l'enquête cas-témoins sont donnés avec l'intervalle de confiance (IC) et la probabilité p si celle-ci est supérieure à 0,05.

1.2. Résultats

Les résultats de l'étude ont révélé certains facteurs de risque qui restaient significatifs en analyse multivariée après ajustement sur tous les autres facteurs. Ainsi le degré d'autonomie était retrouvé comme un facteur important lié à la mortalité, comme le fait d'avoir besoin d'aide pour s'habiller ou se laver (OR 4,0 ; IC 1,4 - 11,4) et le fait d'être confiné au lit ou au fauteuil (OR 9,6 ; 2,9 - 31,8), de même que de souffrir de pathologies cardiovasculaires (OR 3,7 ; 1,6 - 8,4), psychiatriques (OR 5,0 ; 1,4 - 17,5) ou neurologiques (OR 3,5 ; 1,0 - 11,9).

Certains comportements d'adaptation à la canicule étaient, au contraire, des facteurs protecteurs tels que le fait de se vêtir moins que d'habitude (OR 0,2 ; 0,1 - 0,5) ou d'utiliser des moyens de rafraîchissement (OR 0,3 ; 0,1 - 0,8).

Les caractéristiques de l'habitat se sont également révélées importantes. Les personnes vivant dans une chambre située sous les toits étaient plus à risque (OR 4,1 ; 1,3 - 13,1) tandis que celles résidant dans des immeubles récents (à partir de 1975) ou anciens mais ayant subi des travaux d'isolation étaient moins à risque que celles résidant dans des immeubles anciens sans travaux d'isolation (OR 0,2 ; 0,1 - 0,6).

En ce qui concerne l'environnement proche du domicile, les températures de surface mesurées par photographie satellite ont montré des variations importantes pouvant aller jusqu'à 4°C dans une même zone, y compris dans Paris, avec un risque multiplié quasiment par 2 pour chaque augmentation de la température de 1°C (OR 1,8 ; 1,3 - 2,6). Étant données les variations de température observées, le risque peut donc être presque 10 fois plus important d'une zone à l'autre.

1.3. Conclusion

Les résultats de cette étude ont conforté les données de la littérature en ce qui concerne les facteurs de risque liés aux pathologies, à l'autonomie ou au contraire les facteurs protecteurs liés au comportement face à la chaleur. Ils ont permis de définir un profil de personnes à risque et ont montré l'importance des comportements individuels pour lutter contre la chaleur.

Ils ont également permis de faire des recommandations au niveau de l'habitat et de l'urbanisme. Ainsi, en ce qui concerne l'habitat, les recommandations portent sur l'amélioration de l'isolation thermique, notamment au dernier étage, la protection efficace des fenêtres, l'utilisation de matériaux moins absorbants au niveau des murs et des toitures (couleur, conductivité thermique...), l'arrêt possible de la ventilation permanente en heures chaudes et au contraire des facilités de ventilation en grand du bâtiment pendant les heures fraîches. En ce qui concerne l'urbanisme, les recommandations portent sur les moyens d'atténuer le phénomène d'îlot de chaleur urbain en limitant les surfaces imperméabilisées, en utilisant des revêtements urbains moins absorbants (chaussées, trottoirs, toitures...) et en plantant davantage d'arbres en ville.

2. Étude cas-témoins sur les facteurs de risque de décès chez les personnes âgées résidant en établissement pendant la vague de chaleur d'août 2003

2.1. Méthode

Cette étude regroupe en fait deux études cas-témoins.

Une première étude portant sur 350 établissements (175 cas : établissements à forte mortalité et 175 témoins : établissements à faible mortalité). Les établissements cas et témoins ont été appariés sur la proximité géographique (les témoins étaient situés à moins de 60 km des établissements cas) et sur le niveau de dépendance. Cette étude avait pour objectif d'identifier les facteurs de risque de mortalité liés à l'établissement (caractéristiques architecturales, équipement, fonctionnement).

Une deuxième étude s'est déroulée uniquement dans les établissements à forte mortalité et a recruté 314 cas (personnes décédées entre les 5 et 15 août 2003) et 314 témoins (appariés au cas sur l'âge) et vivant au 1^{er} septembre 2003. Cette étude avait pour objectif d'identifier les facteurs de risque individuels de mortalité.

Les odds ratio (OR) de l'enquête cas-témoins sont donnés avec l'intervalle de confiance (IC) et la probabilité p si celle-ci est supérieure à 0,05.

2.2. Résultats

Résultats de l'enquête sur les établissements

Les principaux facteurs liés à l'établissement sont le niveau de dépendance de l'établissement (GIR) : ainsi, avoir un GIR moyen pondéré (GMP) élevé (le GMP étant un indice traduisant le degré de dépendance des pensionnaires) était plus à risque (OR $GMP \geq 700 = 1,8$; IC 0,9 - 3,5 ; $p = 10\%$), de même que le fait d'accueillir plus de 10% de pensionnaires de 94 ans et plus (OR 1,7 ; 1,0 - 2,7).

Par ailleurs, certaines caractéristiques de l'établissement étaient globalement liées de façon significative à une plus forte mortalité : ainsi son statut juridique était significatif ($p = 0,04\%$), le risque de décès étant moins grand en établissement privé à but non lucratif par rapport au public (OR 0,7 ; 0,4 - 1,3) et au contraire plus grand en établissement privé à but lucratif par rapport au public (OR 2,1 ; 1,0 - 4,1).

L'environnement extérieur a également joué un rôle, avec un risque de décès plus élevé

chez les personnes résidant dans un établissement situé en ville (OR 2 ; 1,0 - 4,1 p 6 %) et lorsqu'il y avait, dans un rayon de 100 mètres, un immeuble de plus de 2 étages (OR 1,8 ; 1,1 - 3,0).

Au niveau du fonctionnement de l'établissement, 9% des établissements-cas avaient accès à une pièce climatisée contre 11% des établissements-témoins (OR 0,7 ; 0,3 - 1,6). L'étude a permis de mettre en évidence que 19% des établissements faisaient prendre des douches moins d'une fois par semaine, et que par ailleurs, le fait de faire prendre des douches plus d'une fois par semaine pendant la canicule était un facteur protecteur (OR 0,6 ; 0,3 - 1,0 ; p 7%). Les résultats laissent apparaître une tendance protectrice de la climatisation mais la faible proportion d'établissements possédant cet équipement et de pensionnaires y ayant accès ne permet pas d'atteindre un seuil de signification statistique.

Enfin en ce qui concerne les caractéristiques architecturales de l'établissement, ceux qui possédaient plus de 75% de chambres à un lit présentaient un risque moindre (OR 0,6 ; 0,4 - 1,0 ; p 6%).

Résultats de l'enquête sur les résidents de ces établissements

Les principaux facteurs de risque étaient constitués par le degré d'autonomie (OR 6 ; IC 3,4 - 10,6) pour les personnes confinées au lit et (OR 1,7 ; 1,1 - 2,6) pour les personnes ayant besoin d'aide pour se lever ; et par le sexe, les hommes ayant plus de risque de décéder pendant la canicule (OR hommes 1,7 ; 1,1 - 2,5). Il faut préciser que les hommes en institution constituent une population particulière (plus jeunes, profil pathologique différent de celui des femmes).

Les contacts sociaux étaient par contre des facteurs protecteurs tels que le fait de participer aux activités de groupe (OR 0,6 ; 0,4 - 0,9 ; p 2%) ou de sortir de l'établissement, que ce soit seul, en famille ou avec un ami (OR 0,5 ; 0,4 - 0,7).

Certaines pathologies constituaient des facteurs de risque telles que les escarres (OR 9,7 ; 2,9 - 31,8 ; p 2%), la dénutrition (OR 4 ; 2,3 - 7,2 ; p < 0,001%) et dans une moindre mesure la maladie de Parkinson (OR 1,8 ; 1,0 - 3,6 ; p 6%), l'insuffisance rénale (OR 1,8 ; 1,0 - 3,2 ; p 7%) et les antécédents de cancer (OR 1,7 ; 1,0 - 2,9 ; p 6%). De même certains médicaments constituaient des facteurs de risque, sans qu'il soit toujours possible de distinguer la part revenant à la pathologie elle-même ou à la prise médicamenteuse. Il s'agit des médicaments cardiologiques (OR 1,6 ; 1,1 - 2,2), des neuroleptiques (OR 1,7 ; 1,1 - 2,6), des anti-parkinsoniens (OR 1,8 ; 1,0 - 3,5 ; p 6%) et des vasodilatateurs périphériques et cérébraux (OR_{VD} 1,8 ; 1,0 - 3,4 ; p 7%).

Les caractéristiques de la chambre du résidant pouvaient également être des facteurs de risque, telles que le fait d'habiter sous les toits (OR 1,5 ; 1,0 - 2,3 ; p 6%), d'avoir une fenêtre orientée vers l'Est donc au soleil levant (OR 1,5 ; 1,0 - 2,2 ; p 7%) et également d'avoir une chambre avec plus d'une ouverture, fenêtre ou porte (OR 1,8 ; 1,0 - 3,4 ; p 7%). Comme dans le cas de l'enquête sur les personnes âgées à domicile, le comportement pendant la canicule était un facteur protecteur, en particulier la possibilité d'accéder à la climatisation (OR 0,2 ; 0,1 - 0,8 ; p 3%) même si cela ne concernait que 51 sujets sur 628 soit 6% des cas et 10% des témoins, le fait d'augmenter sa consommation de boissons non

alcoolisées (OR 0,3 ; 0,1 - 0,6 ; p 0,1%), de prendre des douches au moins une fois par semaine pendant la canicule (OR 0,4 ; 0,2 - 0,9 ; p 5%), sachant que 30% de l'échantillon prend des douches moins d'une fois par semaine, et également le fait de pouvoir sortir de sa chambre pendant la canicule (OR 0,1 ; 0,1 - 0,2 ; p<0,1 %).

2.3. Conclusion

Les résultats de ces deux enquêtes sont en accord avec la littérature (Invs 2003, Semenza et al. 1996, Besancenot 2002). Elles ont mis en évidence l'importance de l'autonomie des personnes (facteur de pronostic vital mais aussi facteur nécessaire à l'adaptation du comportement), de l'existence de certaines pathologies et de la prise de certains médicaments pour la plupart liés à ces mêmes pathologies. Les caractéristiques de la chambre, les caractéristiques architecturales ou de fonctionnement de l'établissement étaient également des facteurs de risque. Au contraire les contacts sociaux étaient des facteurs protecteurs, de même que le fait de prendre des douches plus d'une fois par semaine ou d'augmenter la consommation de boissons non alcoolisées et la possibilité d'avoir accès à la climatisation.

L'impact des interventions du personnel des établissements n'a pas pu être évalué. Ainsi, le fait d'appliquer des méthodes pour rafraîchir les personnes (ex : application de linges humides) est ressorti comme un facteur de risque ce qui peut paraître paradoxal mais est très probablement dû au fait que ces mesures ont été prises trop tard sur des personnes déjà proches du décès.

3. Étude sur l'impact sanitaire de la pollution photo-chimique pendant la vague de chaleur de l'été 2003 - Programme de surveillance air et santé (Psas9)

3.1. Méthode

L'objectif de cette étude était triple (Cassadou et al. 2004) : estimer les relations entre mortalité, concentration en ozone dans l'air et température durant la période 1996-2003, estimer les parts relatives de l'ozone et de la température sur la mortalité pendant la période du 3 au 17 août 2003, et enfin détecter un éventuel déplacement de la mortalité ou *harvesting effect*.

Les données de mortalité étaient fournies par l'Insee, les données de pollution par l'ozone par l'Aasqa et les températures par Météo-France, pour neuf villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse).

Des régressions ont été réalisées afin de déterminer les excès de risque liés à l'ozone et à la température et de déterminer la part de l'ozone et de la température dans l'excès de risque conjoint. Un autre modèle de régression a été utilisé pour déterminer un éventuel déplacement de la mortalité.

3.2. Résultats

Excès de risque lié à l'ozone et à la température

Les résultats montrent une grande hétérogénéité des effets conjoints de la température et de l'ozone entre les différentes villes et également une grande hétérogénéité des parts

Tableau I. Excès de risque (ER, en %) liés à l'ozone et à la température et parts relatives de chaque facteur. Période du 3 au 17 août 2003

Mortalité totale tous âges			
	ER O₃ et T°C	Part O₃ (%)	Part T°C (%)
Bordeaux	25,00	2,46	97,54
Le havre	10,58	58,00	42,00
Lille	13,97	44,61	55,39
Lyon	87,74	2,57	97,43
Marseille	11,19	50,30	49,70
Paris	174,68	7,33	92,67
Rouen	35,24	32,60	67,40
Strasbourg	11,75	75,95	24,05
Toulouse	17,98	85,34	14,66

ER : excès de risque – O₃ : ozone – T°C : température

relatives de ces deux facteurs dans cet effet conjoint. Ce sont les villes à forte surmortalité qui ont été le plus affectées par la température (Paris et Lyon).

Y a-t-il eu un déplacement de mortalité après la vague de chaleur ?

Sur l'ensemble des neuf villes, il n'y a pas eu de sous mortalité compensatrice dans les semaines qui ont suivi la vague de chaleur de la première quinzaine d'août. On ne peut donc pas considérer que la canicule a précipité le décès de personnes en fin de vie qui seraient de toute façon mortes dans les jours suivants.

Cependant, une étude d'A. Valleron et A. Boumendil (2004) a comparé la mortalité observée d'août 2003 à juin 2004 à la mortalité moyenne des mêmes mois pour les sept années précédentes. Il en est ressorti que la mortalité de septembre à décembre a été comparable à celle des années précédentes mais qu'une sous-mortalité était observée de janvier à juin 2004, laissant supposer que la canicule avait avancé le décès de ces personnes de cinq à huit mois.

3.3. Conclusion

Cette étude a montré que l'impact de l'ozone pendant la vague de chaleur n'était pas négligeable puisqu'il a concerné 379 décès attribuables à court terme sur les 9 villes. Elle a également montré que les parts relatives de l'ozone et de la température étaient très hétérogènes selon les villes, et qu'aucune sous-mortalité n'avait été détectée dans les trois semaines ayant suivi la vague de chaleur.

4. Le système d'alerte canicule et santé (Sacs 2004) : élaboration, fonctionnement et évaluation

4.1. Méthode

Le principe de ce système reposait sur la définition d'indicateurs météorologiques et des seuils associés pour différents pourcentages de surmortalité (Laaidi et al. 2004).

Il a été établi sur 14 villes pilotes réparties de manière la plus homogène possible sur l'ensemble du territoire métropolitain et présentant des caractéristiques climatiques variées : Paris, Marseille, Lyon, Toulouse, Nice, Nantes, Strasbourg, Bordeaux, Lille, Grenoble, Tours, Le Havre, Limoges et Dijon.

La période d'étude portait sur 30 ans, de 1973 à 2003, à partir de données de mortalités fournies par l'Insee et de données météorologiques fournies par Météo-France. Ces dernières ont permis de construire deux types d'indicateurs :

- des indicateurs reposant uniquement sur *la température* : température minimale (Tmin), maximale (Tmax), amplitude thermique entre le jour et la nuit (Tmax - Tmin), écart de température par rapport à la moyenne sur 30 ans (DTmoy) et indicateur mixte associant les températures minimales et maximales ;
- des indicateurs reposant sur *la température et l'humidité relative* : température du point de rosée (Trosée) et indice thermohygrométrique ($THI = T - [(0,55 - 0,0055 U \%) (T - 14,5)]$), avec T = température en °C et U % = humidité relative).

L'indicateur biométéorologique a été choisi en comparant, au pas de temps journalier, les données météorologiques et la surmortalité de juin à août, pour différents pourcentages de surmortalité (10, 20, 50 ou 100%). Des courbes ROC (Receiver Operating Characteristic curve) ont été établies pour chaque pourcentage de surmortalité et chaque ville, permettant de visualiser la sensibilité et la spécificité des différents indicateurs.

Pour l'indicateur retenu, le seuil a été choisi en testant toutes les valeurs au-delà desquelles la surmortalité dépasse un certain pourcentage. Pour chaque valeur ont été calculées le nombre d'alertes vraies (Nv), d'alertes manquées (Nm) et de fausses alertes (Nf), afin de déterminer la valeur prédictive positive (Vpp) et la sensibilité (Se).

La valeur prédictive positive est la probabilité d'avoir un dépassement du seuil de surmortalité lorsque le seuil biométéorologique est dépassé, une valeur élevée caractérisant un nombre faible de fausses alertes. La sensibilité est la probabilité d'avoir un dépassement du seuil biométéorologique lorsque le seuil de surmortalité est dépassé, une valeur élevée caractérisant un faible nombre d'alertes manquées.

$$VPP = Nv/(Nv+Nf) \text{ et } Se = Nv/(Nv+Nm)$$

Un indicateur sur trois jours (surmortalité cumulée sur trois jours et données météorologiques moyennées sur les mêmes trois jours) et un décalage de un à trois jours entre données météorologiques et mortalité ont également été testés.

Le choix du seuil s'est fait en cherchant le meilleur compromis entre sensibilité et valeur prédictive positive afin de minimiser le nombre d'alertes manquées tout en ayant le

moins possible de fausses alertes qui, si elles se multiplient, peuvent créer une lassitude des personnes impliquées (autorités, personnel soignants, bénévoles).

4.2. Résultats

Choix de l'indicateur

L'indicateur retenu a été celui qui donnait les meilleurs résultats dans l'ensemble des villes, à savoir l'indicateur mixte associant le dépassement d'un seuil sur les températures minimales et sur les températures maximales ($T_{\min} > \text{seuil 1}$ ET $T_{\max} > \text{seuil 2}$).

Choix du pourcentage de surmortalité

Des pourcentages de surmortalité faibles ont été envisagés dans un premier temps (10 ou 20 %), mais ils n'ont pas pu être retenus du fait de la très forte variabilité de la mortalité d'un jour à l'autre, en particulier dans les petites villes. À Dijon, par exemple - où le nombre moyen de décès par jour est de "seulement" 4,2 - une surmortalité de 50% (2,1 décès) peut correspondre à un événement sans aucun lien avec les conditions météorologiques. Il a donc été décidé de retenir comme pourcentage de surmortalité 100% dans la plupart des villes et 50% dans les grandes agglomérations (Paris, Lyon et Marseille) ainsi qu'à Lille où la surmortalité n'a jamais atteint 100%. Ceci était par ailleurs en accord avec les objectifs du système d'alerte qui était de prévenir des événements épidémiologiques de grande ampleur.

Choix du seuil de température

La détermination des seuils de température sur l'indicateur retenu (T_{\min} et T_{\max}) a donné des résultats assez médiocres en terme de sensibilité et de valeur prédictive positive. Un décalage entre pic de température et mortalité n'a pas véritablement amélioré les performances. En revanche, l'utilisation d'un indicateur sur trois jours (données de mortalité cumulées et données de températures moyennées) a nettement augmenté la sensibilité et la valeur prédictive positive et il permet par ailleurs de tenir compte en partie de la persistance de la chaleur.

Les seuils retenus

Dans les 14 villes testées, un couple de seuil a pu être établi, avec des performances variables (tabl. II), à l'exception du Havre qui n'a jamais enregistré de vague de chaleur en 30 ans. Dans les autres villes françaises, et pour une ville par département, les seuils ont été estimés en prenant les percentiles 98 de la distribution des températures minimales et maximales car, pour les villes pilotes (sauf Paris, Lyon et Marseille), c'est cette valeur qui se rapproche le plus des seuils trouvés.

4.3. Conclusion

Les indicateurs et les seuils déterminés dans le cadre du système d'alerte canicule et santé font partie d'un *plan national canicule* (PNC) qui se déclinait, en 2004, en quatre niveaux. Le *niveau 1*, ou niveau de veille saisonnière, était activé en permanence du 1^{er} juin au 30 septembre. Il permettait de vérifier les différents dispositifs et de lancer des messages de prévention auprès du public.

Tableau II – Seuils retenus pour chacune des villes avec la VPP (valeur prédictive positive) et la Se (sensibilité) de ces seuils

Villes	Tmin – Tmax °C	VPP	Se
Bordeaux	22-36	0.71	1
Dijon	19-34	0.44	0.15
Grenoble	15-35	0.24	0.36
Le Havre	Aucun seuil n'a pu être déterminé		
Lille	15-32	0.3	0.64
Limoges	16-36	0.44	0.16
Lyon	20-34	0.54	0.59
Marseille	22-34	0.32	0.6
Nantes	20-33	0.55	0.61
Nice	24-30	0.54	0.72
Paris	21-31	0.66	0.96
Strasbourg	17-35	0.54	0.6
Toulouse	21-38	0.11	1
Tours	17-34	0.56	0.52

Le *niveau 2* correspondant à la prévision d'un risque de dépassement des seuils à trois jours ou moins. Il permettait d'informer la population et de mettre en vigilance les services publics.

Le *niveau 3* correspondant au premier jour de l'arrivée effective de la vague de chaleur. Il permettait de mettre en œuvre les mesures sanitaires et sociales (plans blancs dans les hôpitaux, plans bleus dans les maisons de retraite et plans vermeil pour les personnes âgées).

Le *niveau 4* correspondait à la prolongation et à l'extension de la vague de chaleur, avec apparition éventuelle de phénomènes collatéraux (panne d'électricité, sécheresse) et donc la nécessité de mettre en œuvre des mesures exceptionnelles faisant intervenir la sécurité civile.

Dès le niveau 2, les Cire (Cellules inter-régionales d'épidémiologie qui sont les antennes de l'Invs en région) transmettaient à l'Invs les données sanitaires de différentes sources (état civil, Samu, services d'urgences, pompiers, pompes funèbres, et pour certaines, Sos médecins) pour une ville sentinelle par département, afin de suivre un éventuel phénomène épidémiologique lié à la chaleur.

Durant l'été 2004, quatre périodes d'alerte en situation "limite de seuil" ont été vécues entre le premier juin et le 30 septembre :

Du 27 juin au 2 juillet, le niveau 3 a été proposé par l'Invs en région Paca et la Dgs a effectivement déclenché l'alerte.

Du 19 juillet au 23 juillet, une situation en limite de seuil a conduit à une situation de vigilance dans les Bouches-du-Rhône, le Rhône et l'Isère sans qu'une alerte soit déclenchée.

Du 30 juillet au 6 août, une alerte de niveau 2 a été proposée par l'Invs et suivie par la DGS en régions Centre et Rhône-Alpes, avec une vigilance renforcée en Lozère et Haute-Marne.

Du 6 au 13 août, le niveau 2 a été déclenché dans le Rhône, avec une vigilance renforcée dans l'Isère.

A partir des retours d'expérience de ces quatre périodes, des propositions d'amélioration du Sacs et du PNC ont été proposées par l'Invs :

Le PNC prévoyait, lorsqu'un département se trouvait en alerte, d'étendre cette alerte à toute la région. L'alerte de fin juin en région Paca a montré les problèmes liés à une extension trop large de l'alerte, surtout dans les régions fortement contrastées du point de vue climatique (régions comportant des départements de plaine et de montagne, de bord de mer). Il a donc été très tôt proposé de départementaliser l'alerte, ce qui a été le cas dès le mois de juillet 2004.

Les quatre dépassements de seuils reposaient sur des données prévues par Météo-France. Or l'analyse rétrospective des données observées a montré qu'il n'y a jamais eu de dépassement de seuil dans aucun département pendant l'été 2004. Les écarts entre prévisions et observations ont pu atteindre jusqu'à 7°C. Les comparaisons entre l'indicateur à trois jours, par rapport à l'indicateur du jour, ont montré que pour 60% des jours (indicateur sur Tmax) et 76% des jours (indicateur sur Tmin) l'écart était inférieur à 1°C, ce qui laisse tout de même 40% et 24% de jours respectivement avec des écarts supérieurs à 1°C.

Ces constatations nécessiteront une plus grande souplesse sur les seuils, qui ne peuvent pas être envisagés au dixième de degré voire au degré près, une discussion systématique avec les experts prévisionnistes de Météo-France, déjà initiée au cours de l'été 2004 et la fourniture d'indice de confiance accompagnant les prévisions.

Par ailleurs les alertes du Sacs étaient doublées par les cartes de vigilance de Météo-France (consultées par les préfets, également à destination du grand public) dont les niveaux et le délai d'anticipation (24 heures) n'étaient pas identiques à ceux du système d'alerte. Ceci a pu créer une certaine confusion au niveau des autorités sanitaires et nécessitera une meilleure communication dans l'avenir.

Le déclenchement de l'alerte doit également reposer sur d'autres critères que purement météorologiques comme : le niveau de pollution atmosphérique ou les prévisions de circulation (départs en vacances) devraient être pris en compte.

Enfin l'Invs a proposé de graduer les niveaux du PNC afin d'éviter de déclencher des

actions trop lourdes lorsque les prévisions sont peu fiables ou qu'elles indiquent un très faible dépassement des seuils.

Le niveau 1 resterait un niveau de veille saisonnière, mais le plan pourrait s'arrêter au 31 août et non au 30 septembre, mois qui n'a jamais connu de vague de chaleur en 30 ans. Dans la mesure du possible, en fonction des moyens en personnel des Cire, les données sanitaires seront remontées en continu à l'Invs pendant toute la période.

Le niveau 2 devra bien être explicité comme un niveau de pré-alerte fondé sur des prévisions. La mise en alerte des acteurs locaux, en particulier les bénévoles, devra être renforcée dans la mesure où les associations ont été peu impliquées en 2004.

Le niveau 3 devra s'accompagner d'une indication de l'intensité du phénomène attendu, les mesures prises n'étant pas les mêmes pour un faible dépassement des seuils, ne nécessitant pas forcément le déclenchement des plans blancs, bleus ou vermeil, ou pour un dépassement de plusieurs degrés. Les autorités locales disposeront d'une palette d'actions et de ressources disponibles qui pourront être mises en œuvre de façon adaptée à la situation.

Enfin le niveau 4, rebaptisé niveau de mobilisation maximale canicule, correspondra au passage en mode de gestion dépassant le champ sanitaire, conformément à la nouvelle doctrine "plan Orsec" qui doit être mise en place début 2005.

Une gestion de plus en plus locale (Cire et préfets) devrait permettre d'ici quelques années une meilleure application du système d'alerte et du plan canicule.

Conclusion générale

Les résultats des différentes études cas-témoins ont permis d'émettre des recommandations intégrées au plan canicule, à destination des personnes les plus fragiles (personnes âgées, souffrant de certaines pathologies ou prenant tels médicaments) et à destination des personnels de santé. Les recommandations concernant l'habitat et l'urbanisme devront être la base d'un travail avec le CSTB (Centre Scientifique et technique du bâtiment) pour leur mise en œuvre pratique.

Les résultats de l'étude PSAS-9 ont montré un impact de l'ozone pendant la vague de chaleur, avec un effet de l'ozone ou de la température variant selon la ville considérée, les villes à plus forte surmortalité étant celles pour lesquelles la température a été le facteur de risque primordial.

En ce qui concerne le système d'alerte canicule et santé, son évaluation est prévue début 2005. Elle concernera les aspects scientifiques (adéquation entre précision des prévisions météorologiques et fonctionnement du système d'alerte, capacité du système à anticiper les conséquences sanitaires d'une vague de chaleur), le fonctionnement du système d'alerte pendant l'été (capacité des partenaires à mener à bien leurs missions et relations entre les partenaires), l'impact en terme de santé publique (dans la mesure où il n'y a pas eu de véritable vague de chaleur en 2004 et où nous ne disposons pas de la mortalité de référence en l'absence de plan canicule), et permettra d'estimer le coût financier et les aspects de communication autour du système d'alerte.

Références

- 1 Besancenot JP Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement Risques et Santé* 2002;1(4):229-240.
- 2 Cassadou S, Chardon B, D'helf M, Declercq C, Eilstein D, Fabre P, Filleul F, Jusot JF, Lefranc A, Le Tertre A, Medina S, Pascal L, Prouvost H Programme de surveillance air et santé (PSAS9). Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre température, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises. *Institut de veille sanitaire*. Septembre 2004. <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/>
- 3 Hémon D, Jouglé E Surmortalité liée à la canicule d'août 2003. Rapport d'étape (1/3). Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. *Inserm*. Paris 2003:1-59.
- 4 Invs. Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003. Rapport d'étape, 28 août 2003. <http://www.invs.sante.fr> 28-8-2003.
- 5 Laaidi K, Pascal M, Ledrans M, Le Tertre A, Medina S, Caserio C, Cohen JC, Manach J, Beaudeau P, Empereur-Bissonnet P Le système français d'alerte canicule et santé 2004 (SACS 2004). Un dispositif intégré au Plan National Canicule. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*. 2004;30-31:134-136.
- 6 Laaidi K, Pascal M, Ledrans M, Le Tertre A, Medina S, Caserio C, Cohen JC, Manach J, Beaudeau P, Empereur-Bissonnet P, Système d'alerte canicule et santé 2004. Rapport opérationnel. *Institut de Veille Sanitaire*, Avril 2004:34 p.
- 7 Météo France. *Dossier canicule 2003*. Météo-France. 4-9-2003. 8-4-2004.
- 8 Semenza JC, Rubin CH, Falter KH, Selanikio JD, Flanders WD, Howe HL et al. Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *N Engl J Med* 1996; 335(2):84-90.
- 9 Valleron AJ et Boumendil A *Epidémiologie et canicules : analyses de la vague de chaleur 2003 en France*. 2004, volume 327, fascicule 12:1125-1142.

