

Santé environnement

Atelier interdisciplinaire sur la vulnérabilité aux vagues de chaleur

17 mai 2013

Sommaire

Abréviations	2
Introduction	3
Sessions 1 – Les composants de la vulnérabilité	5
Session 2 – Exemples d’outils développés pour identifier les zones vulnérable	8
Session 3 – Discussion et perspectives	10
La vulnérabilité individuelle	10
La vulnérabilité géographique et sa cartographie	10
La transposabilité à d’autres événements extrêmes	11
Des outils pour mieux appréhender les effets de la chaleur	11
Références bibliographiques	13
Annexes	17

Atelier interdisciplinaire sur la vulnérabilité aux vagues de chaleur

**17 mai 2013 – Institut de veille sanitaire (InVS)
Saint-Maurice**

Auteurs

Mathilde Pascal, Département santé environnement (DSE), InVS

Karine Laaidi, DSE, InVS

Abréviations

Certu	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
Corruss	Centre opérationnel de réception et de régulation des urgences sanitaires et sociales
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
DGS	Direction générale de la santé
DSE	Département santé environnement
EIS	Évaluation d'impact sanitaire
GIS	Groupement d'intérêt scientifique
ICU	Îlot de chaleur urbain
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
INSPQ	Institut national de santé public du Québec
InVS	Institut de veille sanitaire
Ird	Institut de recherche pour le développement
Iris	Îlots regroupés pour l'information statistique
ONG	Organisation non-gouvernementale
ORS	Observatoire régionale de santé
PNC	Plan national canicule
SIG	Système d'information géographique
Supreme	Système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes

Introduction

Depuis 2003, le programme Climat du Département santé environnement (DSE) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) travaille à acquérir une meilleure connaissance des risques liés aux vagues de chaleur à travers la surveillance et l'étude des facteurs de risques, à des fins d'alerte et d'aide à la décision. Bien que les risques liés à la chaleur aient été relativement bien documentés dans la littérature [1], le système de santé français a été pris de court par l'ampleur des conséquences de la canicule de 2003. Une surmortalité de près de 15 000 décès a été observée entre le 1^{er} août et le 20 août, touchant principalement les zones urbaines, les personnes âgées, les personnes souffrant de maladies chroniques et les personnes isolées [2]. La canicule de 2003 a été exceptionnelle du point de vue météorologique et dans ses répercussions sanitaires, mais des vagues de chaleur d'ampleur moindre ont également un impact rapide, quelques jours après le pic de températures, qui se traduit principalement par une augmentation de la mortalité. Les études épidémiologiques menées après la canicule de 2003, notamment deux grandes enquêtes cas-témoins, ont décrit les facteurs de risque de mortalité chez les personnes âgées décédées à leur domicile ou en institution [3]. Ces résultats et leur transcription en actions concrètes pour la prévention via le Plan national canicule (PNC) [4,5] illustrent l'importance des facteurs médicaux, mais également sociaux et environnementaux dans la prévention des effets des vagues de chaleur.

Depuis 2004, la France n'a pas connu d'épisode comparable à la canicule de 2003. L'épisode le plus important s'est déroulé en juillet 2006, mais, s'il a été plus long que celui d'août 2003 dans de nombreux départements, il était d'une intensité plus faible. Il s'est traduit par une surmortalité de près de 2 000 décès, plus faible qu'attendue selon un modèle mortalité-température établi sur les années précédant 2003, mais cependant considérable [6].

Si la population générale est *a priori* aujourd'hui bien sensibilisée et mieux préparée à faire face à des vagues de chaleur importantes (quoiqu'on manque d'éléments pour confirmer cette hypothèse), la prévention peut laisser de côté certains sous-groupes de populations qui pourraient continuer à payer un lourd tribut aux canicules. De plus, le risque climatique va évoluer, avec des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses du fait du changement climatique [7]. À la fin du siècle, avec les critères actuels d'alerte canicule, le nombre d'alertes passerait de 10 à 25 par an à Paris, au lieu d'une seule en moyenne aujourd'hui [8] (figure 1). D'autres facteurs de risques, notamment démographiques et sociaux pourraient également évoluer négativement dans le même temps, et rendre plus difficile l'adaptation à la chaleur.

Ces éléments conduisent à s'interroger sur les déterminants de la vulnérabilité à la chaleur, sur leurs évolutions et sur les opportunités qui pourraient en découler pour la surveillance et la prévention. L'InVS a organisé un atelier de travail d'une journée le 17 mai 2013 autour de cette notion de vulnérabilité, afin d'identifier comment elle était comprise et utilisée par les différents intervenants français et canadiens de la thématique : décideurs et acteurs institutionnels nationaux et locaux, organisations non-gouvernementales (ONG), chercheurs (cf. liste des participants en annexe 1). La vulnérabilité est en effet un concept utilisé par ces différents acteurs pour identifier les personnes ou les lieux sur lesquels cibler les actions de prévention et les interventions.

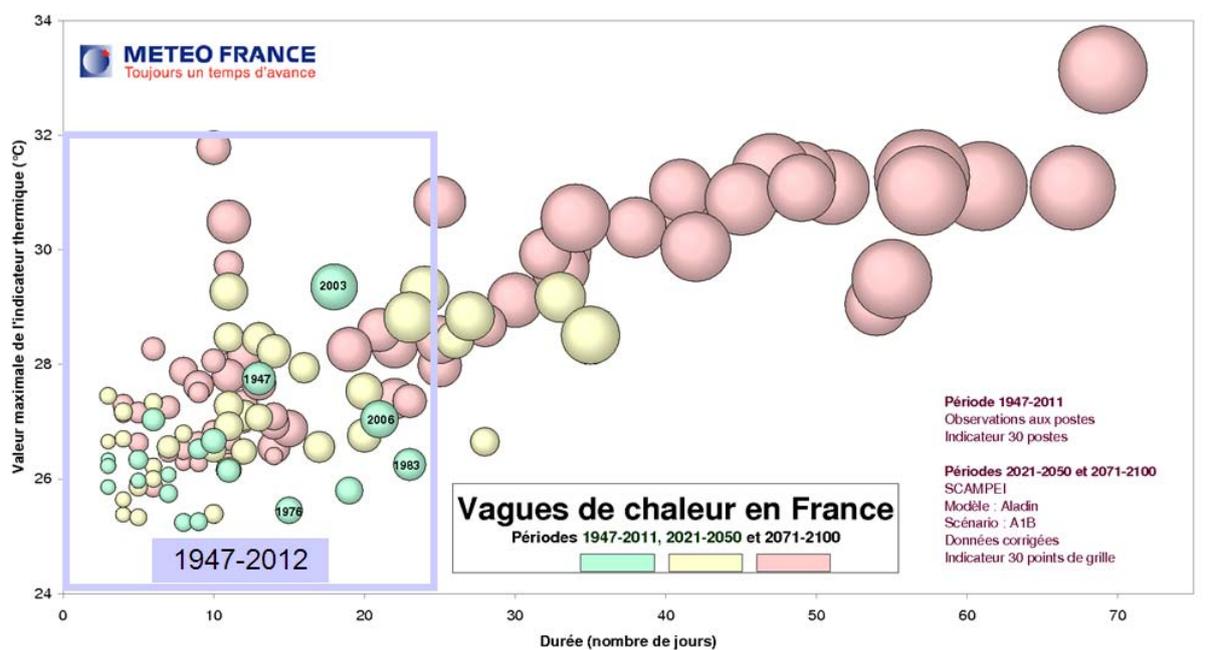
La journée était organisée en trois sessions (cf. ordre du jour en annexe 2) :

- une session de présentations sur les différentes composantes de la vulnérabilité, vues par différentes disciplines ;
- une session de présentations d'outils développés au Canada autour de la vulnérabilité ;
- une session de discussion pour identifier les besoins et les possibilités de collaboration.

L'objectif n'était pas d'aboutir à une définition consensuelle de la vulnérabilité aux vagues de chaleur. En réunissant des personnes d'horizons différents travaillant toutes sur la vulnérabilité, cet atelier a permis de mieux cerner les risques liés à la chaleur et leurs impacts sanitaires ce qui permettra dans l'avenir d'améliorer, d'une part notre appui à la décision au moment même des vagues de chaleur, et d'autre part l'évaluation des impacts sanitaires des vagues de chaleur après la survenue de celles-ci.

I Figure 1 I

Évolution des vagues de chaleur entre 1947 en 2100 en France



La surface des sphères symbolise l'intensité globale des vagues de chaleur, les sphères les plus grandes correspondant aux vagues de chaleur les plus sévères

Source Météo-France

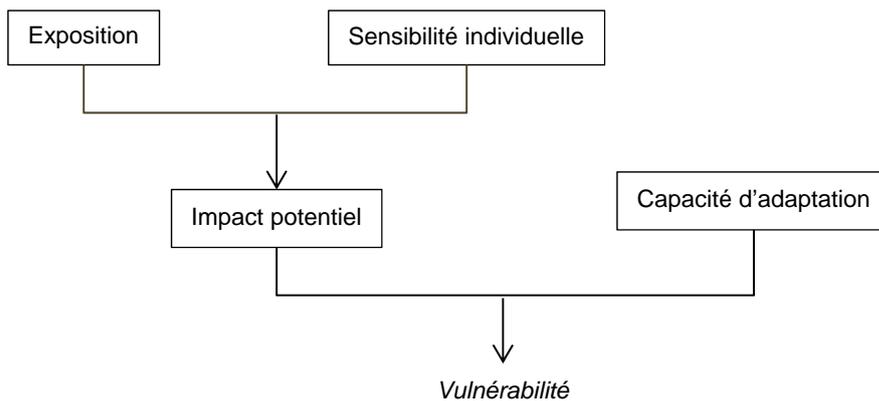
Session 1 – Les composants de la vulnérabilité

Les différentes présentations faites au cours de cette session ont montré que la vulnérabilité est un concept commun et un pont possible entre l'épidémiologie, la sociologie, la météorologie urbaine et l'aménagement urbain. Elles soulignent également la diversité des approches pour aborder la vulnérabilité.

Une définition de la vulnérabilité couramment utilisée dans le champ du changement climatique regroupe la sensibilité individuelle, l'exposition, et la capacité d'adaptation (figure 2). Chacune des disciplines apporte des éléments sur ces différents points, et aide à dresser un portrait plus concret de la vulnérabilité. Un intérêt fort de cette approche est d'identifier des opportunités de prévention en permettant de briser la chaîne causale entre l'exposition et le décès (figure 3).

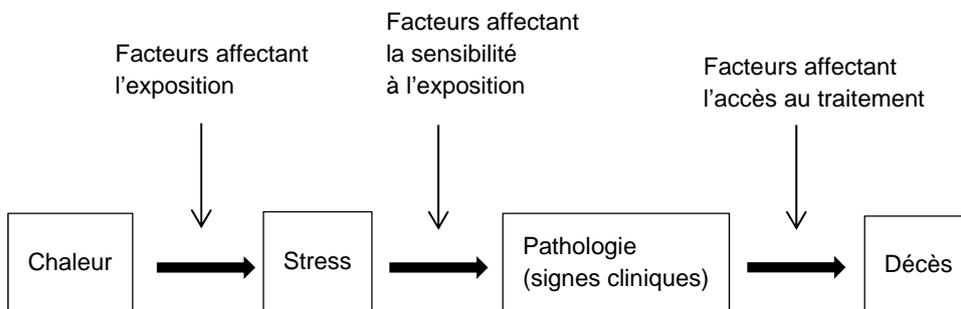
I Figure 2 I

Composantes de la vulnérabilité à la chaleur



I Figure 3 I

Chaîne causale entre exposition à la chaleur et décès



L'épidémiologie éclaire les déterminants de la sensibilité individuelle sur un plan principalement physiologique et démographique. Les facteurs de risque classiquement identifiés par les études épidémiologiques sont résumés dans le tableau 1, et sont largement repris par les plans de prévention comme le PNC pour identifier les populations vulnérables et proposer des actions de prévention ciblées. Les populations identifiées comme vulnérables peuvent alors être très larges, avec des définitions peu opérationnelles. Par exemple, dans l'évaluation du plan canicule anglais, des entretiens avec des parties prenantes du plan ont montré que leur compréhension de la vulnérabilité à la chaleur était très personne-dépendante, malgré les informations données dans les documents de référence du plan [9]. En France, la loi n° 2004-626 du 30 juin 2004 relative à la solidarité pour l'autonomie des personnes âgées et des personnes handicapées a rendu obligatoire la création d'un registre de personnes vulnérables dans chaque mairie, afin de recueillir des « éléments relatifs à l'identité, à l'âge et au domicile des personnes âgées et des personnes handicapées qui en ont fait la demande » (Art. L. 121-6-1). Une revue rapide de la communication faite autour de ces registres municipaux montre une grande diversité dans l'interprétation de cet article, notamment dans la définition de la population concernée.

L'épidémiologie sociale vient enrichir cette première approche de la vulnérabilité, en s'appuyant sur une réflexion abondante existant par ailleurs sur la vulnérabilité sociale. Il s'agit d'un processus dynamique dans le temps et l'espace, difficile à mesurer mais plus informatif que les catégories plus classiques comme l'âge, le sexe ou le niveau socio-économique. La vulnérabilité sociale éclaire la notion de capacité d'adaptation en mettant en avant l'importance du réseau social et de ses ruptures. Par exemple, le rôle de l'isolement social apparaît très clairement dans l'analyse des décès transférés à l'Institut médico-légal pendant la canicule de 2003 à Paris : 88 % vivaient seules et un quart n'avaient plus aucun contact [10].

L'environnement urbain joue également un rôle majeur sur l'exposition *via* son influence sur la météorologie urbaine. Au niveau des grandes villes, la température est plus élevée du fait de l'îlot de chaleur urbain (ICU), *i.e.* la différence de température entre l'urbain dense et les zones rurales voisines. Au sein de la ville, il existe également des endroits plus chauds qui constituent des micro-ICU. Cet îlot est variable dans le temps et l'espace, et peut impacter des communes avoisinantes *via* le phénomène de panache urbain.

Au terme de la revue des facteurs de risque, on voit que les facteurs de risque physiologiques, sociaux et environnementaux sont particulièrement élevés par rapport à ceux que l'on trouve habituellement en santé-environnement (à l'exception du risque dû à l'amiante). Par exemple :

- à Paris en 2003, avoir des pathologies cardiovasculaires : risque de décès multiplié par 3,7 [11] ;
- à Paris en 2003, avoir une chambre sous les toits : risque de décès multiplié par 4,1, être soumis dans son environnement proche à des températures nocturnes élevées pendant plusieurs jours : risque multiplié par 2,2 [11] ;
- à Paris en 2003, être dépendant (confiné au lit ou au fauteuil, avoir besoin d'aide pour se lever ou s'habiller) : risque de décès multiplié par 4 à 9,6 [11] ;
- à Chicago en 1995, vivre seul : risque de décès multiplié par 2,3 [12].

Il est donc essentiel de travailler sur l'ensemble de ces facteurs de risque, et d'identifier précisément les personnes pouvant cumuler ces différents facteurs.

Par ailleurs, on voit qu'il est important de différencier les populations ponctuellement vulnérables (*e.g.* le grand public pendant une vague de chaleur intense), les populations qui ont identifié leur vulnérabilité et peuvent s'organiser en conséquence (*e.g.* les personnes handicapées), et les populations très vulnérables et peu conscientes de leur vulnérabilité, ou non-identifiées par les professionnels de santé.

I Tableau 1 I

Synthèse des principaux facteurs de risque rapportés dans les études épidémiologiques, classés selon sensibilité individuelle/exposition/capacité d'adaptation

Sensibilité individuelle	Exposition	Capacité d'adaptation
<p>Âge Les personnes âgées et les jeunes enfants ont un système de thermorégulation moins efficace [13]. Par ailleurs les personnes âgées ont une capacité moindre à ressentir la soif ou la chaleur et donc à s'adapter en conséquence.</p>	<p>Îlot de chaleur urbain (ICU) L'ICU est associée à une augmentation de la mortalité à Paris [11;14] et à l'étranger [15-18].</p>	<p>Dépendance Être confiné au lit a été retrouvé comme un facteur de risque à Chicago en 1995 [12;19], et en France en 2003 [11].</p>
<p>Sexe Les femmes seraient physiologiquement plus sensibles à la chaleur. Un effet plus fort de la température sur les femmes a été retrouvé en France [2], au Royaume-Uni [20] ou en Italie [21]. Une surmortalité masculine, ou une absence de différence entre les sexes, a pu être observée dans d'autres études.</p>	<p>Habitat Certaines caractéristiques de l'habitat sont associés à des risques plus élevés, notamment le manque d'isolation, dormir au dernier étage sous les toits [11], ou le manque de climatisation aux États-Unis.</p>	<p>Pauvreté La pauvreté a été associée à un risque plus élevé pendant les vagues de chaleur [22-26]. Par exemple, à Chicago, vivre en dessous du seuil de pauvreté (revenu annuel <10 000 \$) était associé à un risque relatif de 3,1 [IC 95% 1,0;9,7] de décès par rapport aux personnes du même âge vivant dans le même quartier [19]. En France, les populations vivant dans les cantons les plus défavorisés semblent avoir été plus touchées par la vague de chaleur de 2003. Ainsi, à Paris, les taux de surmortalité étaient deux fois plus élevés dans les cantons les plus défavorisés (indice de déprivation >80^e percentile de la distribution de l'indice), par rapport aux moins défavorisés (indice de déprivation <20^e percentile de la distribution de l'indice) [27]. Par ailleurs, le niveau socio-économique faible est associé à un risque plus important de mourir en dehors de l'hôpital [28;29], suggérant un délai pour rechercher de l'aide après l'exposition. Quelques études n'ont cependant pas retrouvé de lien entre le niveau socio-économique et le risque de décès pendant les vagues de chaleur [20;30;31].</p>
<p>État de santé Les personnes souffrant de pathologies chroniques cardiaques, psychiatriques ou rénales ont un risque plus élevé de décès pendant les vagues de chaleur [21].</p>	<p>Travailleurs Certaines activités professionnelles ou certaines conditions de travail peuvent conduire à une surexposition à la chaleur [32].</p>	<p>Isolement social Un risque plus élevé était retrouvé chez les personnes vivant seules, ou divorcées par rapport aux personnes mariées en France [2], en Italie [21], et aux États-Unis [12;19]. En France, en 2003, une part importante des victimes jeunes de la vague de chaleur étaient sans-abri, ou socialement et économiquement isolées [33]. À l'inverse, vivre seul ne modifiait pas le risque lié à la chaleur au Royaume-Uni [20].</p>
<p>Traitement médicamenteux Les effets de la chaleur peuvent également être aggravés par des médicaments influençant le système de thermorégulation [34].</p>	<p>Loisirs Certaines activités de loisir peuvent conduire à une surexposition à la chaleur.</p>	

Session 2 – Exemples d'outils développés pour identifier les zones vulnérables

À partir d'une bonne connaissance des déterminants listés ci-dessus, la vulnérabilité peut être théoriquement représentée par des indicateurs, et éventuellement cartographiée pour identifier des territoires plus vulnérables, à condition de travailler à une échelle géographique fine [35]. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour construire de tels indicateurs notamment en Amérique du Nord (cf. quelques exemples en annexes 3 et 4).

Deux exemples canadiens ont été présentés pendant l'atelier : le système Supreme (Surveillance et prévention des impacts sur la santé des événements météorologiques extrêmes) développé au Québec, et la cartographie de la vulnérabilité à la chaleur mise en place par la ville de Toronto.

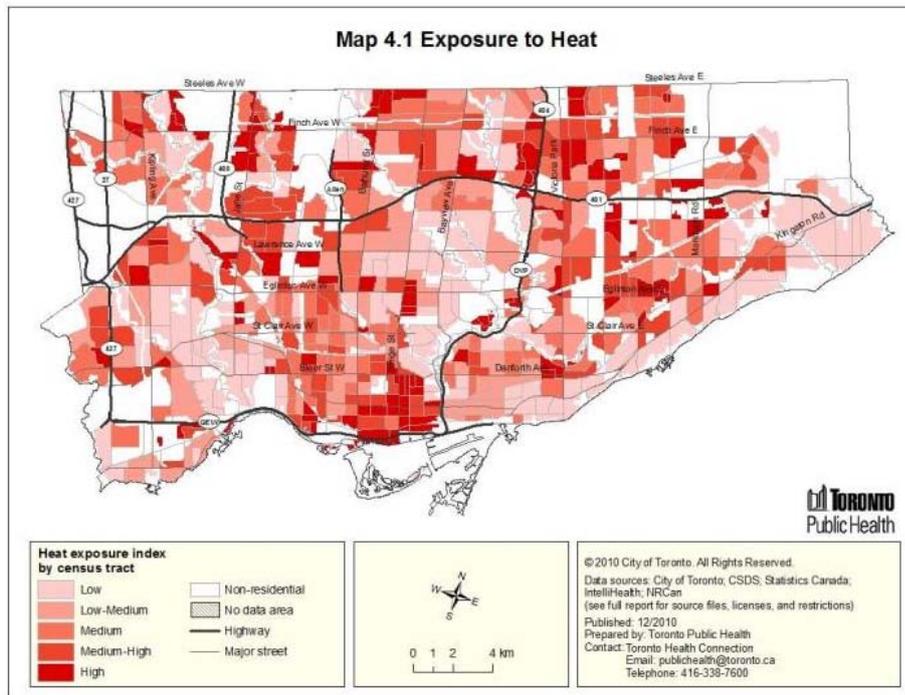
Un des objectifs de Supreme est d'identifier les secteurs à risques afin de prioriser des actions préventives ou des interventions d'urgence suite à un événement. Le système, mis à disposition des professionnels de santé publique, a été développé pour les vagues de chaleur, puis étendu à d'autres risques environnementaux et sanitaires (événements extrêmes, maladies infectieuses...) [36]. Le portail intègre différentes sources de données permettant de croiser plusieurs déterminants environnementaux (températures, infrastructures), socio-économiques (indice de défaveur sociale) et sanitaires (décès, passages aux urgences...), afin de produire des cartes dynamiques adaptées aux besoins des utilisateurs (ils peuvent par exemple sélectionner les facteurs de vulnérabilité qui les intéressent en fonction du programme ou de l'intervention à réaliser, et produire la carte correspondante). Les données sont régulièrement mises à jour (temps quasi réel si possible), et le système s'appuie sur des logiciels libres ce qui assure une grande liberté de développement à peu de frais ainsi qu'une utilisation possible par un grand nombre d'acteurs.

À Toronto, des cartes de la vulnérabilité à la chaleur ont été créées à partir d'un modèle conceptuel de la vulnérabilité correspondant à la figure 2, et mettant en relation des facteurs de risque décrits dans la littérature. Les variables à prendre en compte au départ ont été définies à partir d'une revue de la littérature et présentées aux membres du comité d'intervention à la chaleur à Toronto ("Hot Weather Response Committee") un groupe des parties prenantes les plus importantes. Ceci a permis d'identifier de nouveaux facteurs de risque [37;38]. Une première étape a été de construire et de cartographier un indicateur d'exposition intérieure et extérieure à la chaleur (figure 4) et un indicateur de sensibilité, distinct pour la population générale et pour les personnes âgées (figure 5), puis de combiner ces deux indicateurs par une somme pondérée (40 % exposition, 60 % sensibilité). Plusieurs analyses géographiques et l'expertise de l'équipe de recherche à propos de Toronto ont été utilisées pour identifier les 30 facteurs qui font partie de l'indicateur de vulnérabilité finalement cartographié. Des informations sur les capacités d'adaptation, comme par exemple la localisation des lieux publics climatisés, peuvent être superposées à ces cartes. L'information est rendue publique en forme de cartes statiques (pdf) et aussi avec une carte dynamique en ligne qui peut être modifiée selon les besoins des utilisateurs (http://map.toronto.ca/maps/map.jsp?app=TPH_HVMAP).

La demande d'interactivité avait été formulée lors d'un atelier avec les parties prenantes, ont été mis en avant le souhait d'avoir une plus grande flexibilité dans la création des cartes, afin de permettre à chaque intervenant de personnaliser les indicateurs selon ses attentes, et de proposer des outils de projection dans le futur. Des renseignements complémentaires sont disponibles dans 17 langues. Le risque de stigmatisation des quartiers identifiés comme vulnérables a également été évoqué par les parties prenantes.

I Figure 4 I

L'indicateur d'exposition à Toronto

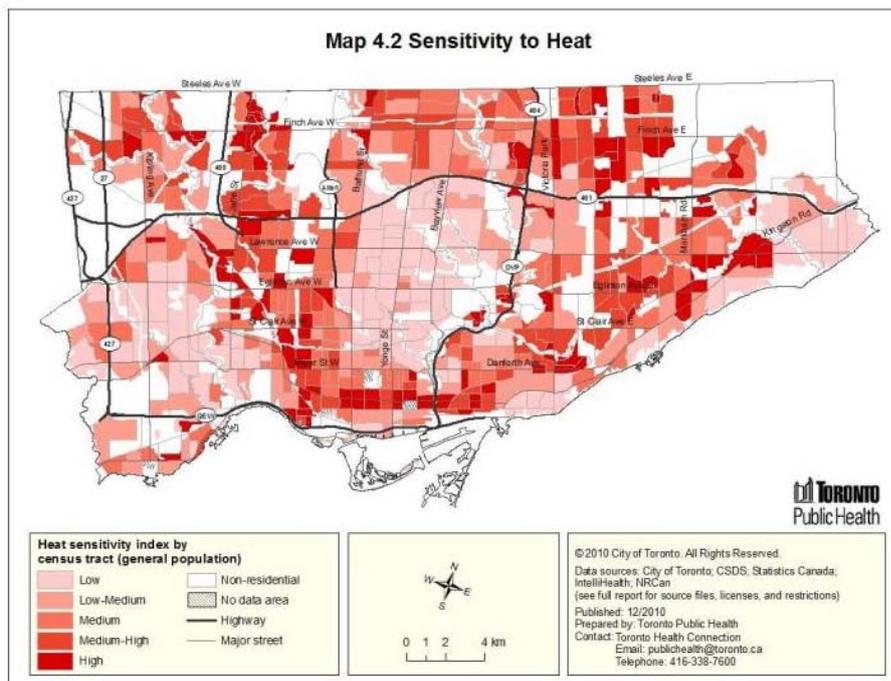


L'indicateur d'exposition prend en compte :

- la température de surface ;
- l'accessibilité des espaces verts ;
- la présence d'arbres (ombre) ;
- la présence d'appartements multirésidentiels ;
- la présence de locataires dans des appartements anciens ;
- la densité de population.

I Figure 5 I

L'indicateur de sensibilité individuelle à Toronto



L'indicateur de sensibilité prend en compte :

- les personnes à faibles revenus ;
- les enfants dans des familles à faibles revenus ;
- le coût du logement pour les locataires ;
- le coût du logement pour les locataires à faibles revenus ;
- la connaissance de l'anglais ;
- les immigrants récents ;
- les adultes qui n'ont pas terminé le lycée ;
- les minorités ethniques ;
- les personnes en situation d'incapacité ;
- les personnes âgées vulnérables.

La ville de Lyon souhaiterait avoir une cartographie des facteurs de vulnérabilité (ICU, etc.) au niveau de l'îlot regroupé pour l'information statistique (Iris) afin d'avoir une grande précision des points chauds pour savoir comment orienter les actions d'urbanisme (végétalisation, arrosage, etc.). Il est rappelé que ces actions d'urbanisme, permettant d'adapter les villes à la chaleur, sont longues à mettre en place.

Session 3 – Discussion et perspectives

L'atelier a mis en avant l'existence de beaucoup de connaissances et d'outils, qui demeurent peu partagés entre les différents acteurs. Les effets de la chaleur sur la santé demeurent mal connus des décideurs locaux, alors même qu'ils ont un rôle important à jouer dans la prévention à court et long-terme. Actuellement, la chaleur est davantage considérée par rapport à l'inconfort qu'elle peut procurer que par rapport à ses impacts sanitaires. Les décideurs ont besoin d'information pour cibler les populations vulnérables à court et à long-terme, afin de mettre en place une prévention concrète et de mieux communiquer. Parmi les informations sanitaires, la mortalité et la morbidité ne sont pas suffisantes, et il serait intéressant de prendre en compte la qualité de vie et le gain en années de vie en bonne santé.

La vulnérabilité individuelle

En France, les populations vulnérables sont invitées à s'inscrire sur les registres mis en place par les mairies. Il n'existe pas aujourd'hui de base de données nationale reprenant les informations contenues dans ces registres, sur lesquels l'inscription est volontaire, ce qui implique de se considérer comme vulnérable et d'être informé de l'existence de ces registres.

De manière générale, il serait utile de mieux comprendre quel sont les facteurs conditionnant la perception du risque individuel. Des études menées à l'étranger montrent par exemple que les personnes âgées se considèrent peu vulnérables à la chaleur et n'adoptent pas forcément des comportements protecteurs adaptés [39;40]. Une enquête de la Croix-Rouge de 2006 montre que les risques environnementaux sont perçus comme faibles, avec beaucoup d'information disponible mais peu assimilée. Cette enquête portait sur les capacités d'autoprotection de la population en cas de catastrophe car la loi prévoit de former la population dès le plus jeune âge. L'enquête a montré que la population française (ce qui n'est pas forcément le cas dans d'autres pays) attend une prise en charge de l'état et n'intègre pas facilement les informations fournies pour pouvoir se protéger en cas de besoin. La communication est donc primordiale pour que la population puisse trouver les ressources nécessaires pour se protéger (de la chaleur ou d'autres catastrophes).

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) souligne également la nécessité de former en priorité des personnes qui prennent soin des personnes vulnérables, qui devraient être plus réceptives aux messages de prévention. Par ailleurs certaines populations vulnérables sont « cachées » et donc difficiles à identifier et à aider, même si cela s'est amélioré depuis 2003. Le travail de terrain et de proximité (Croix-Rouge, etc.) prend toute son importance pour ces populations peu ou pas touchées par les actions de grande envergure.

Enfin, sont évoqués les travailleurs pour lesquels peu d'études existent en Europe alors qu'ils constituent un groupe particulièrement à risque. Au Québec, les recommandations pour les travailleurs concernent l'ensemble des personnes des groupes considérés comme vulnérables (par exemple les couvreurs) même si parmi eux une partie des individus n'est pas considérée comme vulnérable (les jeunes en bonne santé) car ils peuvent malgré tout souffrir eux aussi, dans une moindre mesure, des conséquences de la chaleur.

La vulnérabilité géographique et sa cartographie

Les cartes présentées par Toronto et par le Québec sont a priori très utiles pour la planification, surtout lorsqu'elles s'appuient sur un système flexible permettant de faire des croisements de données. Le choix des variables à cartographier reste une étape difficile, et les possibilités de validation des cartes restent peu développées. Ainsi, malgré plusieurs exemples dans la littérature, il

n'existe pas de méthode « clef-en-main » pour construire des indicateurs et des cartes de vulnérabilité. Une limite importante est que les cartes s'appuient principalement sur des facteurs de risque établis au niveau individuel par des études épidémiologiques, en les transposant à un quartier. Or, cette transposition n'est pas évidente. Par exemple, à Paris, les quartiers avec une part plus élevée de personnes âgées ont connu un impact plus faible pendant la vague de chaleur de 2003. À Chicago en 1995, les quartiers latino-américains, à forte densités de population, mais très vivants et animés ont été beaucoup moins touchés que les quartiers afro-américains beaucoup moins animés [41]. Les cartes réalisées à Melbourne montrent des différences entre la vulnérabilité et les impacts sanitaires, qui mériteraient d'être étudiées (parmi les hypothèses évoquées, une meilleure organisation sociale, une entraide plus grande, qui ferait que les zones considérées *a priori* plus vulnérables n'ont pas forcément une surmortalité plus grande) [42]. Les informations sur les capacités d'adaptation au sein des villes, inexistantes, seraient pourtant très utiles.

La création de cartes peut également être limitée par l'accès aux données de base nécessaires. Par exemple, en France, un des facteurs de risque les plus difficiles à repérer aujourd'hui est le problème du mal-logement. De plus, les risques environnementaux ne font pas partie des priorités des personnes mal-logées, et il faudrait des messages de préventions spécifiques à destination de ces populations. Il serait également intéressant d'essayer de quantifier la population la plus impactée, par exemple en croisant les bases de données sur l'habitat insalubre avec les zones de fort îlot de chaleur urbain. Enfin, la fréquence de mise à jour des différents indicateurs de vulnérabilité est une question importante qui est peu abordée dans les exemples résumés ici.

La transposabilité à d'autres événements extrêmes

Les indicateurs utilisés dans les approches cartographiques décrites semblent également transposables pour évaluer la vulnérabilité à d'autres événements extrêmes. Des liens pourraient être faits avec des outils nationaux, notamment avec le système d'information géographique (SIG) en cours de développement par le Centre opérationnel de réception et de régulation des urgences sanitaires et sociales (Corruss) du ministère chargé de la santé pour l'aide à la gestion des événements extrêmes.

Des outils pour mieux appréhender les effets de la chaleur

La discussion a également mis en avant le besoin d'outils de communication et d'évaluation. L'évaluation des impacts sanitaires serait une piste intéressante à explorer pour cela. Cet outil permet d'appliquer des connaissances issues de l'épidémiologie à des données locales pour évaluer le poids d'un facteur environnemental. Il est largement utilisé pour la pollution de l'air, moins pour la température [43]. Il pourrait par exemple être utilisé pour évaluer les bénéfices attendus pour la santé de différents scénarios d'aménagements urbains comme ceux pris en compte dans le projet Epicea sur l'évolution du climat à Paris, ou des trames vertes, de la végétalisation des toits... À terme, ces évaluations devraient être capables de prendre en compte l'impact sur la mortalité, mais également sur d'autres indicateurs sanitaires, comme le recours aux soins ou l'exacerbation de pathologies chroniques.

Cela nécessitera des études épidémiologiques pour établir les relations exposition-risque nécessaires à la réalisation d'évaluation d'impact sanitaire (EIS). En effet, aujourd'hui, la littérature sur les effets de la chaleur s'est concentrée sur la mortalité. Il serait intéressant en France d'avoir des études sur la morbidité, s'appuyant par exemple sur des cohortes de personnes âgées déjà existantes. De même, il serait utile, lors d'une vague de chaleur, de pouvoir lancer rapidement une investigation sur une zone géographique précise pour décrire en détail les populations victimes de la chaleur, leur comportement... Une telle enquête avait été menée immédiatement après 2003 pour identifier les principaux facteurs de risques, qui ont pu évoluer depuis. Les questionnaires des enquêtes témoins 2003 pourraient être revus avec les participants de l'atelier afin de pouvoir les mettre en place rapidement si besoin en cas de canicule. Il faut noter que la méthode d'évaluation des impacts de la chaleur est aujourd'hui à développer. L'idéal serait de coupler un volet d'évaluation des impacts quantitatifs sur le modèle de la pollution de l'air à un volet qualitatif, à l'image des évaluations des impacts sur la santé menées par l'Observatoire régional de la santé (ORS) Ile-de-France (par exemple, l'étude en cours « Transports et Nouveau Grand Paris : lancement d'une évaluation de l'impact des projets sur la santé à Plaine Commune (93) »). Dans sa dimension la plus large, l'EIS pourrait partir d'un exemple de politique d'urbanisme sur un quartier et évaluer ses différents aspects

sur la santé, *via* la chaleur mais également *via* d'autres facteurs de risques (e.g. bruit, sédentarité...). Pour cela, l'EIS doit être prévue en amont des projets.

Concernant la recherche, il pourrait être intéressant d'observer ce qui se passe vis-à-vis de la chaleur dans une zone délimitée avec une approche multidisciplinaire alliant épidémiologie, météorologie urbaine, sociologie, prise en compte des interventions..., par exemple *via* les observatoires homme-milieu du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) (<http://www.cnrs.fr/inee/outils/ohm.htm>). Par ailleurs, les participants de l'atelier ont soulevés plusieurs questions qui devraient être traitées par des équipes de recherche :

- Comment transposer des facteurs de risques individuels à une échelle écologique ?
- Que sait-on des capacités d'adaptation à la chaleur, en particulier pour les personnes jeunes en bonne santé qui sont de façon générale très peu étudiées ?
- Comment adapter les recommandations fournies (par le PNC notamment) aux évolutions attendues pour les canicules et leurs impacts ?
- Quel est l'impact des grandes amplitudes de températures d'un jour à l'autre, y compris en dehors des vagues de chaleur ?

Références bibliographiques

- [1] Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev* 2002;24(2):190-202.
- [2] Fouillet A, Rey G, Laurent F, Pavillon G, Bellec S, Guihenneuc-Jouyaux C, *et al.* Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *Int Arch Occup Environ Health* 2006;80(1):16-24.
- [3] Institut de veille sanitaire. Étude des facteurs de risque de décès des personnes âgées résidant à domicile durant la vague de chaleur d'août 2003. 2004.
- [4] Ministère de la santé et des sports. Les recommandations canicule 2012. Paris: Ministère de la santé et des sports; 2012. 100 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Les_recommandations_canicule_2012.pdf
- [5] Ministère de la santé et des sports. Plan National Canicule - Version 2009. Paris : ministère de la santé et des sports; 2009. [consulté le 27/11/2011]. Disponible à partir de l'URL : http://www.sante-sports.gouv.fr/IMG/pdf/Le_plan_national_canicule_-_version_2009.pdf
- [6] 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.
- [7] World Health Organization Regional Office for Europe. Extreme weather and climate events and public health responses. Report on a WHO meeting Bratislava, Slovakia 9-10 February 2004. p.1-48.
- [8] Lemonsu A, Koukoku-Arnaud R, Desplat J, Salagnac JL, Masson V. Evolution of the Parisian urban climate under a global changing climate. *Climatic Change* 2013;116(3-4):679-92.
- [9] Benzie M, Harvey A, Burningham K, Hodgson N, Siddiqi A. Vulnerability to heatwaves and drought: case studies of adaptation to south-west England. York: Joseph Rowntree Foundation; 2011. 87 p.
- [10] Canouï-Poitrine F, Cadot E, Spira A. Excess deaths during the August 2003 heat wave in Paris, France. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2006;54(2):127-35.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Kovats RS, Hajat S. Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health* 2008;29:41-55.
- [14] Dousset B, Gourmelon F, Giraudeat E, Laaidi K, Zeghnoun A, Bretin P, *et al.* Evolution climatique et canicule en milieu urbain : apport de la télédétection à l'anticipation et à la gestion de l'impact sanitaire. 2011. 77 p.
- [15] Johnson DP, Wilson JS. The socio-spatial dynamics of extreme urban heat events: The case of heat-related deaths in Philadelphia. *Applied Geography* 2009;29(3):419-34.

- [16] Silva HR, Phelan PE, Golden JS. Modeling effects of urban heat island mitigation strategies on heat-related morbidity: a case study for Phoenix, Arizona, USA. *Int J Biometeorol* 2010;54(1):13-22.
- [17] Gabriel KM, Endlicher WR. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environ Pollut* 2011;
- [18] Tan J, Zheng Y, Tang X, Guo C, Li L, Song G, *et al.* The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *Int J Biometeorol* 2010;54(1):75-84.
- [19] Naughton MP, Henderson A, Mirabelli MC, Kaiser R, Wilhelm JL, Kieszak SM, *et al.* Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 2002;22(4):221-7.
- [20] 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.
- [21] Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, Biggeri A, Bisanti L, Cadum E, *et al.* Vulnerability to heat-related mortality: A multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology* 2006;17(3):315-23.
- [22] Jones TS, Liang AP, Kilbourne EM, Griffin MR, Patriarca PA, Wassilak SGF, *et al.* Morbidity and Mortality Associated With the July 1980 Heat Wave in St Louis and Kansas City, Mo. *JAMA* 1982;247(24):3327-31.
- [23] Schuman SH. Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: data from New York and St. Louis during July, 1966. *Environ Res* 1972;5(1):59-75.
- [24] Yardley J, Sigal RJ, Kenny GP. Heat health planning: The importance of social and community factors. *Global Environmental Change* 2011;21(2):670-9.
- [25] Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol* 2002;155(1):80-7.
- [26] Smoyer KE, Rainham DG, Hewko JN. Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. *Int J Biometeorol* 2000;44(4):190-7.
- [27] Rey G, Fouillet A, Bessemoulin P, Frayssinet P, Dufour A, Jouglu E, *et al.* Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality. *Eur J Epidemiol* 2009;
- [28] Medina-Ramon M, Zanobetti A, Cavanagh DP, Schwartz JD. 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.
- [29] Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 2004;61(11):893-8.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 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
- [33] Collet VL'Harmattan (dir.). *Canicule 2003 Origines sociales et ressorts contemporains d'une mort solitaire*. 2005.

- [34] Stollberger C, Lutz W, Finsterer J. Heat-related side-effects of neurological and non-neurological medication may increase heatwave fatalities. *Eur J Neurol* 2009;16(7):879-82.
- [35] Hinkel J. " Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change* 2011;21(1):198-208.
- [36] Toutant S, Gosselin P, Belanger D, Bustinza R, Rivest S. An open source web application for the surveillance and prevention of the impacts on public health of extreme meteorological events: the SUPREME system. *Int J Health Geogr* 2011;10:39.
- [37] Toronto Public Health. Implementation of a Map-Based Heat Vulnerability Assessment and Decision Support System. Toronto: Toronto Public Health; 2011. 123 p.
- [38] Toronto Public Health. Protecting vulnerable people from health impacts of extreme heat. Toronto: Toronto Public Health; 2011. 44 p.
- [39] Wolf J, Adger WN, Lorenzoni I. Heat waves and cold spells: An analysis of policy response and perceptions of vulnerable populations in the UK. *Environment and Planning A* 2010;42(11):2721-34.
- [40] Wolf J, Adger WN, Lorenzoni I, Abrahamson V, Raine R. Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation: An empirical study of two UK cities. *Global Environmental Change* 2010;20(1):44-52.
- [41] Klinenberg E. *Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. Chicago: 2002.
- [42] Loughnan M, Nicholls N, Tapper N. Hotspots project : A spatial vulnerability analysis of urban populations to extreme heat events. 2013. 72 p.
- [43] Medina S, Ballester F, Chanel O, Declercq C, Pascal M. Quantifying the health impacts of outdoor air pollution: useful estimations for public health action. *J Epidemiol Community Health* 2013;67(6):480-3.
- [44] California Department of Public Health. Public Health Impacts of Climate Change in California: Community Vulnerability Assessments and Adaptation Strategies. San Francisco: California Department of Public Health; 2011. 49 p. [consulté le 27/11/2011]. Disponible à partir de l'URL : http://www.ehib.org/papers/Heat_Vulnerability_2007.pdf
- [45] White-Newsome J, O'Neill MS, Gronlund C, Sunbury TM, Brines SJ, Parker E, *et al.* Climate change, heat waves, and environmental justice: Advancing knowledge and action. *Environmental Justice* 2009;2(4):197-205.
- [46] Agence européenne de l'environnement. Urban adaptation to climate change in Europe. Copenhagen: Agence européenne de l'environnement; 2012. 148 p.
- [47] Bernier E, Gosselin P, Badard T, Bédart Y. Easier surveillance of climate-related health vulnerabilities through a Web-based spatial OLAP application. *International Journal of Health Geographics* 2009;8(18)
- [48] Arizona Department of Health Services. index of populations vulnerable to extreme heat events in Arizona. Arizona department of health services [mis à jour le 2012] [consulté le 20/06/2013]. Disponible à partir de l'URL : <http://www.azdhs.gov/phs/oeh/heat/documents/maps/index-heat-vulnerable-populations.pdf>
- [49] Vescovi L, Rebetez M, Rong F. Assessing public health risk due to extremely high temperature events: climate and social parameters. *Clim Res* 2005;30(1):71-8.
- [50] Cheng J, Newbold B. Mapping Vulnerability to Climate Change and Variability in Hamilton, Ontario Using Geographical Information Systems. 2010. 22 p.

- [51] 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.
- [52] Lissner TK, Holsten A, Walther C, Kropp JP. Towards sectoral and standardised vulnerability assessments: The example of heatwave impacts on human health. *Climatic Change* 2012;112(3-4):687-708.
- [53] 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. *Natural Hazards* 68[3], 1371-1384. 2013. 11-4-2014.
- [54] Buscail C, Upegui E, Viel J. Mapping heatwave health risk at the community level for public health action. *International Journal of Health Geographics* 2012;11(38):1-9.

Annexe 1 – Liste des participants

Julien Desplat	Météo-France
Édouard Chatignoux	Observatoire régional de santé d’Ile-de-France
Murielle Dubreuil	Observatoire régional de santé d’Ile-de-France
Chantal Pacteau	Groupement d’intérêt scientifique Climat Environnement Société
Patrice Dallem	Croix-Rouge
Yann Françoise	Ville de Paris
Alice Kopel	Direction générale de la santé
Laurine Tollec	Direction générale de la santé
Karine Laaidi	Institut de veille sanitaire
Aymeric Ung	Institut de veille sanitaire
Pascal Beaudeau	Institut de veille sanitaire
Christophe Perrey	Institut de veille sanitaire
Perrine De Crouy Chanel	Institut de veille sanitaire
Mathilde Pascal	Institut de veille sanitaire
Daniel Eilstein	Institut de veille sanitaire
Sylvia Medina	Institut de veille sanitaire
Anne-Catherine Viso	Institut de veille sanitaire
Georges Salines	Institut de veille sanitaire
Philippe Pirard	Institut de veille sanitaire
Yvon Motreff	Institut de veille sanitaire
Philippe Mary	Ville de Lyon
Élisabeth Sibeud	Ville de Lyon
Emmanuelle Cadot	Institut national de la santé et de la recherche médicale / Institut de recherche pour le développement
Steve Toutant	Institut national de santé publique du Québec
Stéphanie Gower	Toronto Public Health (en conférence téléphonique)
Alexandre Elaphos	Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques

Annexe 2 – Ordre du jour de l’atelier

9h45 - 10h **Introduction – Objectifs de la réunion**

10h - 12h00 **Session 1 – Les composants de la vulnérabilité**

- Définition de la vulnérabilité et approches utilisées dans la littérature (InVS, M. Pascal)
- L'apport des études épidémiologiques (InVS, K. Laaidi)
- L'apport des études sociologiques (Inserm, E. Cadot)
- L'apport des études climatiques (Météo-France, J. Desplat)
- La vulnérabilité vue du terrain (Croix-Rouge, P. Dallem)

12h00 - 12h45 **Session 2 – Exemples de cas pratiques utilisant la vulnérabilité**

- Présentation du système de surveillance des événements météorologiques extrêmes au Québec (INSPQ, S.Toutant)

12h45 - 14h00 **Déjeuner**

14h00 - 14h45 **Session 2 – Exemples de cas pratiques utilisant la vulnérabilité**

- Indicateurs de vulnérabilité à Toronto (Ville de Toronto, S. Gower)

14h45- 16h30 **Session 3 – Discussion**

- Intérêts de cette approche pour la France
- Complémentarité avec les systèmes déjà existants

16h30 - 17h **Conclusions**

Annexe 3 – Exemples de cartographies de plusieurs variables contribuant à la vulnérabilité

Zone	Objectifs principaux	VARIABLES UTILISÉES	Référence
Californie	Fournir des informations pour aider les agences gouvernementales et les ONG à cibler leurs interventions dans les zones les plus à risque.	Température, nombre de personnes de plus de 65 ans, nombre de personnes vivant sous le seuil de pauvreté.	[44]
Michigan	Identifier les zones nécessitant des interventions particulières.	Proportion de surfaces imperméables, plusieurs informations relatives au niveau économique, d'éducation. L'âge et l'isolement social sont intégrés conjointement, à travers la donnée « % de personnes de plus de 65 ans vivant seules ». Plusieurs critères liés à la capacité à comprendre des messages en anglais sont également pris en compte.	[45]
Europe	Identifier les zones vulnérables au changement climatique.	Les espaces verts en ville, la densité de population, des projections de températures pour la période 2071-2100, et plusieurs variables supposées contribuer à la vulnérabilité aux événements extrêmes en général (par exemple, nombre de personnes de plus de 65 ans, indicateurs économiques, infrastructures...).	[46]
Ville de Québec	Évaluer la vulnérabilité de la ville au changement climatique.	Plusieurs indicateurs étaient mis à disposition d'un groupe de travail, qui a sélectionné un nombre restreint de variables à considérer <i>via</i> une approche participative avec implication de différentes parties prenantes. Les indicateurs retenus ne sont pas listés, mais devaient aider à répondre à 22 questions relatives à la démographie (ex, combien de personnes de plus de 65 ans vivent dans une zone, combien de personnes dépendantes) et aux infrastructures (combien de personnes vivent à plus de 500 m d'un espace vert, combien de bâtiments nécessitent des rénovations importantes...).	[47]

Annexe 4 – Exemples de cartographies d'un indicateur de vulnérabilité

Zone	Objectifs principaux	Variables utilisées pour construire l'indicateur	Méthode pour créer l'indicateur	Référence
Arizona	Aider à la planification urbaine et informer le grand public. Les cartes sont également utilisées par certains professionnels (ex dans les écoles) pour décider si leur établissement est concerné par une alerte canicule.	Nombre d'enfant de moins de 5 ans, nombre de personnes de plus de 65 ans, nombre de personnes de plus de 65 ans vivant seules, nombre de familles dont le revenu était sous le seuil de pauvreté pendant 12 mois et nombre de personnes dont le revenu était sous le seuil de pauvreté pendant 12 mois.	Les variables ont été sélectionnées a priori à partir de la littérature. Chaque variable a été classé selon une échelle de 1 à 5 et les différentes variables sont combinées après pondération en un indicateur de vulnérabilité en 4 classes (de faible à élevée).	[48]
Sud du Québec	Évaluer la vulnérabilité face au changement climatique.	Pourcentage de personnes avec des revenus bas, pourcentage de personne de plus de 65 ans, pourcentage de personnes seules, et pourcentage de personne de plus de 20 ans avec moins de 13 ans d'études.	Ces quatre variables sont découpées en classes puis sommées afin d'obtenir un score de vulnérabilité sociale. Ce score est confronté à des données de températures présentes et des prédictions futures, ce qui permet d'illustrer l'augmentation de la vulnérabilité dans l'espace et le temps selon une échelle qualitative.	[49]
Hamilton (Canada)	Développement du plan de prévention local, implantation des lieux frais.	Densité de population, % de la population de plus de 85 ans, % de la population vivant seule, proportion de la population sans éducation, % d'immigrants, proportion de personnes dont l'anglais ou le français n'est pas la langue maternelle, % de famille avec des revenus faibles	Les variables ont été sélectionnées à partir d'une analyse en composantes principales. L'analyse a abouti à la constitution de deux groupes : <ul style="list-style-type: none"> - « immigrant avec peu de revenu » = un nombre important de personnes dont l'anglais ou le français n'est pas la langue maternelle, avec un niveau d'éducation faible et un nombre important de famille à faibles revenus ; - « personnes âgées vivant seules » = nombre important de personnes de plus de 85 ans, nombre important de personnes vivant seules et densité de population importante. 	[50]

<p>Toronto</p>	<p>Informers les parties prenantes du plan de prévention. Aider à prioriser les interventions selon les zones Aider à l'aménagement urbain.</p>	<p>Indicateur d'exposition : température de surface moyenne, espaces verts, accessibilité aux espaces verts, habitat dans les étages élevés, locataires dans les étages les plus vieux, densité de population Indicateur de sensibilité : enfant de moins de 6 ans dans des familles à faibles revenus, personnes à faibles revenus, adultes sans diplôme supérieur, handicapés entre 25 et 64 ans, personnes ne parlant pas anglais, locataire dépensant plus de 50 % de son revenu en loyer, immigrants récents (moins de 5 ans), minorités ethniques, passages aux urgences pour causes respiratoires ou circulatoires, personnes âgées vulnérables.</p>	<p>Une première étape a été de construire un indicateur d'exposition (intérieure et extérieure) et un indicateur de sensibilité (pour la population générale et pour les personnes âgées), puis de combiner ces deux indicateurs par une somme pondérée (40 % exposition, 60 % sensibilité). Les 30 variables à prendre en compte au départ ont été définies à partir d'une revue de la littérature et présentées aux parties prenantes lors d'un atelier, qui a permis d'identifier de nouvelles variables. Un indicateur simplifié reprenant les 6 variables perçues comme étant les plus importantes est également produit (variables et leurs coefficients de pondération : température de surface (20 %), appartement en location situés dans les étages (20 %), personnes à faibles revenus (30 %) personnes ne parlant pas anglais (10 %), personnes âgées et en incapacité (10 %), personnes de plus de 65 ans à faibles revenus (10 %)). Un indicateur a également été construit à partir des résultats de l'analyse en composante principale. Enfin, un indicateur construit uniquement à partir de la littérature (sans apport des parties prenantes) a également été cartographié, à partir de 10 variables sommées (température de surface, appartement en location situé dans les étages, densité de population, personnes à faibles revenus, personnes ne parlant pas anglais, immigrants récents, personnes en incapacité (25-64 ans), passages aux urgences pour causes circulatoires, personnes de plus de 65 ans à faibles revenus, personnes de plus de 65 ans à faibles revenus vivant seules.</p>	<p>[37;38]</p>
-----------------------	---	---	---	----------------

<p>États-Unis</p>	<p>Identifier les zones vulnérables au changement climatique.</p>		<p>Choix de 10 facteurs de risque de décès pendant les vagues de chaleur, identifiés dans la littérature et pour lesquels des données étaient disponibles. Une analyse en composante principale a ensuite été réalisée pour retenir un nombre restreint de variables. 4 variables ont ainsi été retenues : <i>a)</i> éducation/pauvreté/ethnie/espaces verts, <i>b)</i> isolement social, <i>c)</i> climatisation, <i>d)</i> personnes âgées et diabétiques. L'analyse est réalisée à une échelle nationale sur plusieurs états, puis à une échelle plus fine en intra-urbain dans les principales villes de ces États.</p>	<p>[51]</p>
<p>Nord-Rhin/Westphalie</p>	<p>Identifier les zones vulnérables au changement climatique.</p>	<p>Pourcentage de surfaces imperméables et densité de population (pour l'îlot de chaleur urbain), nombre de personnes de plus de 65 ans, nombre de jours de vague de chaleur</p>	<p>Dans un premier temps, chacune de ces variables est caractérisée forte ou faible, par rapport à des valeurs de références. Par exemple, les zones entre 250 (correspondant à la moyenne allemande) et 1 000 habitants (correspondant à deux fois la moyenne régionale) par km² sont considérées comme ayant une densité forte.</p> <p>Les paramètres sont combinés selon la logique floue. Par exemple, les variables « surface imperméable forte » et « densité forte » sont combinées pour représenter un îlot de chaleur fort. La variable « îlot de chaleur » est ensuite combinée à la variable « personne de plus de 65 ans » pour obtenir une variable « sensibilité ». À cette étape, une compensation est introduite, pour prendre en compte le fait que les personnes âgées de 65 ans et plus sont toujours sensibles à la chaleur, y compris sans îlot de chaleur fort. La valeur de compensation donne donc plus de poids au paramètre âge qu'au paramètre îlot de chaleur. La sensibilité est ensuite couplée au nombre de jours de vagues de chaleur pour estimer un impact. Il est également possible de cartographier dans chaque zone le paramètre ayant le plus joué dans l'estimation de l'impact.</p>	<p>[52]</p>

Sud de la Scandinavie - Europe centrale	Identifier les zones vulnérables au changement climatique.	Population, occupation des sols, risque de vague de chaleur.	Les données de population obtenues à une échelle géographique large sont redistribuées à partir de données d'occupation des sols (% de surface imperméable dérivée du NDVI). L'index de vulnérabilité variant de 0 à très élevé est obtenu en croisant la population de plus de 60 ans avec le risque de vague de chaleur obtenu par un modèle climatique. Par exemple, plus de 2 000 habitants de 60 ans et plus et plus de 3 vagues de chaleur par an conduisent à une vulnérabilité très élevée. Les calculs sont réalisés pour le présent et pour 2030 (avec projections démographiques).	[53]
Rennes	Informers les parties prenantes.	L'îlot de chaleur est modélisé à partir de données de télédétection. indice de Townsend), l'isolement social (<i>via</i> le nombre de foyers avec une seule personne) et une éducation faible (<i>via</i> le nombre de personnes sans diplôme d'enseignement supérieur).	Combinaison d'un indicateur de vulnérabilité et d'un indicateur de risque thermique lié à l'îlot de chaleur urbain. L'indicateur de vulnérabilité inclut une dimension socio-économique (d'âge (>65 ans et <5 ans), de densité de population et d'habitat (bâtiments construits avant 1975). L'indicateur de risque (normé entre 0 et 1) est construit comme la somme de la population (25 %) de la vulnérabilité (25 %) et de l'îlot de chaleur (50 %).	[54]
Melbourne	Identifier les zones vulnérables.	Age >65 ans ou <5 ans, poids des maladies (« burden of disease »), infrastructures pour les personnes âgées, niveau socio-économique, type d'habitat, personnes vivant seules, incapacité, densité de population, ethnicité, îlot de chaleur urbain (différent pour le jour et la nuit).	Choix des variables a priori à partir de la littérature, chaque variable a été classée par décile, et l'indicateur global est calculé en sommant les classes des différentes variables.	[42]

Atelier interdisciplinaire sur la vulnérabilité aux vagues de chaleur

17 mai 2013

Dix ans après la canicule de 2003, les vagues de chaleur demeurent un enjeu de santé publique important. Dans la perspective d'un risque aggravé par le changement climatique, l'Institut de veille sanitaire (InVS) a organisé un atelier de travail international et interdisciplinaire autour de la vulnérabilité à la chaleur, concept utilisé par différents acteurs pour identifier les personnes ou les lieux sur lesquels cibler les actions de prévention et les interventions.

L'atelier était organisé autour de trois sessions : les composantes de la vulnérabilité, les indicateurs de vulnérabilité et les besoins de développement. Il a mis en avant l'existence de nombreuses connaissances peu partagées entre les différents acteurs. La vulnérabilité dépend des liens complexes entre la sensibilité individuelle, l'exposition, et la capacité d'adaptation. Par un travail en commun, les météorologistes, les épidémiologistes et les sociologues peuvent identifier de nouvelles opportunités de prévention.

Les indicateurs spatialisés de vulnérabilité, largement utilisés en Amérique du Nord, offrent des perspectives intéressantes pour une collaboration interdisciplinaire. L'évaluation des impacts sanitaires apparaît également comme un outil pertinent pour évaluer les bénéfices attendus pour la santé de scénarios d'aménagements visant à diminuer les îlots de chaleur urbains. Ces deux outils nécessitent cependant des développements méthodologiques conséquents.

Mots clés : vague de chaleur, vulnérabilité, indicateurs

International workshop on vulnerability to heat wave

17th may 2013

Ten years after 2003, heat waves remain a major public health issue. With the prospect of an increasing risk due to climate change, The French Institute for Public Health Surveillance (InVS) organized an international and interdisciplinary workshop on vulnerability to heat wave. This concept is used by all stakeholders of heat prevention to identify the targets (population or locations) of prevention measures.

The workshop was divided in three sessions: the components of vulnerability, vulnerability indicators, and development needs. It underlined the existence of lots of information poorly shared between the stakeholders. Yet, vulnerability depends on the complex links between individual susceptibility, exposition, and adaptive capacity. Working together, meteorology, epidemiology and sociology can identify new opportunities for prevention.

Spatialised vulnerability indicators, largely used in North America, offer interesting prospect for interdisciplinary collaborations. Health impact assessment also appears to be a relevant tool to assess the health benefits expected for scenarios of urban planning to reduce urban heat islands. However, these tools both require consequent methodological developments.

Citation suggérée :

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. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

www.invs.sante.fr

ISSN: 1958-9719

ISBN-NET: 979-10-289-0026-7

Réalisé par Service communication – InVS

Dépôt légal : mai 2014