

## › SOMMAIRE // Contents

### ARTICLE // Article

- Indicateurs thermiques et recours aux soins d'urgence en France hexagonale entre 2015 et 2019  
// Thermal indicators and emergency department visits in mainland France between 2015 and 2019. .... p. 86

**Léo Moutet et coll.**  
Santé publique France, Saint-Maurice

### FOCUS // Focus

- Chaleur et performance sportive : quels moyens pour limiter les risques encourus ?  
// Heat and sporting activities: How to limit the risks? .... p. 93

**Franck Brocherie et coll.**  
Laboratoire sport, expertise et performance (EA7370), Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (Insep), Paris

### ARTICLE // Article

- Effet des canicules sur les passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique en Auvergne-Rhône-Alpes, 2015-2022  
// Effect of heatwaves on emergency room visits for acute renal failure, heart decompensation and myocardial ischemia in Auvergne-Rhône-Alpes, 2015–2022 ..... p. 101

**Noémie Rossello et coll.**  
Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon

La reproduction (totale ou partielle) du BEH est soumise à l'accord préalable de Santé publique France. Conformément à l'article L. 122-5 du code de la propriété intellectuelle, les courtes citations ne sont pas soumises à autorisation préalable, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source, et qu'elles ne portent pas atteinte à l'intégrité et à l'esprit de l'œuvre. Les atteintes au droit d'auteur attaché au BEH sont passibles d'un contentieux devant la juridiction compétente.

Retrouvez ce numéro ainsi que les archives du Bulletin épidémiologique hebdomadaire sur <https://www.santepubliquefrance.fr/revues/beh/bulletin-epidemiologique-hebdomadaire>

Directeur de la publication : Yann Le Strat, directeur scientifique de Santé publique France  
Rédactrice en chef : Valérie Colombani-Coururon, Santé publique France, redaction@santepubliquefrance.fr  
Rédactrice en chef adjointe : Frédérique Biton-Debernardi  
Responsable du contenu en anglais : Chloé Chester  
Secrétariat de rédaction : Quentin Lacaze  
Comité de rédaction : Raphaël Andler, Santé publique France ; Thomas Bénet, Santé publique France-Auvergne-Rhône-Alpes ; Florence Bodeau-Livinec, EHESP ; Kathleen Chami, Santé publique France ; Perrine de Crouy-Chanel, Santé publique France ; Olivier Dejardin, CHU Caen ; Franck de Laval, Cespa ; Martin Herbas Ekat, CHU Brazzaville, Congo ; Matthieu Eveillard, CHU Angers ; Bertrand Gagnière, Santé publique France-Bretagne ; Isabelle Grémy ; Anne Guinard, Santé publique France-Occitanie ; Jean-Paul Guthmann, Santé publique France ; Camille Lecoffre-Bernard, Santé publique France ; Élodie Lebreton, Santé publique France ; Yasmina Ouharzoune, Santé publique France ; Valérie Olé, EPI-Phare ; Arnaud Tarantola, Santé publique France-Ile-de-France ; Marie-Pierre Tavolacci, CHU Rouen ; Hélène Therre, Santé publique France ; Isabelle Villena, CHU Reims ; Marianne Zeller, UFR Sciences de santé de Dijon.  
Santé publique France - Site Internet : <https://www.santepubliquefrance.fr>  
Prépresse : Luminess  
ISSN : 1953-8030

## INDICATEURS THERMIQUES ET RECOURS AUX SOINS D'URGENCE EN FRANCE HEXAGONALE ENTRE 2015 ET 2019

// THERMAL INDICATORS AND EMERGENCY DEPARTMENT VISITS IN MAINLAND FRANCE BETWEEN 2015 AND 2019

Léo Moutet<sup>1</sup>, Robin Lagarrigue<sup>1</sup> ([robin.lagarrigue@santepubliquefrance.fr](mailto:robin.lagarrigue@santepubliquefrance.fr)), Franck Brocherie<sup>2</sup>, Grégory Fifre<sup>3</sup>, Mathilde Pascal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Santé publique France, Saint-Maurice

<sup>2</sup> Laboratoire sport, expertise et performance (EA 7370), Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (Insep), Paris

<sup>3</sup> Météo-France, Saint-Mandé

Soumis le : 29.04.2024 // Date of submission: 04.29.2024

### Résumé // Abstract

**Introduction** – Chaque été, des augmentations de recours aux soins pour des causes spécifiques de la chaleur, comme les hyperthermies, sont observées en France hexagonale. Une meilleure compréhension de ces impacts est nécessaire pour accompagner les politiques de prévention. Une des questions porte sur la manière de caractériser l'exposition à la chaleur, prenant en compte uniquement la température ou d'autres variables météorologiques.

**Méthodes** – Cette étude compare l'influence de quatre indicateurs thermiques (température moyenne (Tm), la température au thermomètre globe mouillé (WBGT), le *heat index* (HI) et le *universal thermal climate index* (UTCI)) sur les passages aux urgences de 33 départements hexagonaux, pendant les étés (juin-septembre) de 2015 à 2019. Cinq causes ont été étudiées : hyperthermie, déshydratation, hyponatrémie, fièvre isolée et malaise. Les analyses s'appuient sur des régressions de quasi-Poisson.

**Résultats** – Avec tous les indicateurs, la chaleur est associée à un excès de risque de recours aux soins d'urgence pour hyperthermie, déshydratation, hyponatrémie, fièvre isolée et malaise. Les risques relatifs (RR) sont d'ordres de grandeur similaires entre indicateurs, sauf pour le HI. Par exemple, pour les hyperthermies, une augmentation d'exposition correspondant à l'intervalle interquartile est associée à un RR de 3,97 (intervalle de confiance à 95%, IC95%: [3,82-4,13]) avec la Tm, 3,81 [3,67-3,95] avec le WBGT, 4,22 [4,01-4,33] avec l'UTCI, et 1,22 [1,21-2,23] avec le HI.

**Conclusion** – Les résultats confirment qu'en France hexagonale, la Tm est un bon indicateur pour caractériser la chaleur du point de vue des effets sur la santé. Les indicateurs plus complexes incluant d'autres variables météorologiques n'expliquent pas mieux les effets. Des travaux documentant les circonstances d'exposition seraient utiles pour mieux comprendre l'intérêt de ces indicateurs d'exposition dans des contextes spécifiques comme, par exemple, les événements sportifs.

**Introduction** – *The number of emergency department visits for heat-related illnesses, such as hyperthermia, is increasing each summer in mainland France. In order to support prevention policies, a better understanding of these impacts is required. This raises the question of how to characterize heat exposure: using the mean temperature only or by taking into account other meteorological variables.*

**Methods** – *This study compares the influence of four thermal indicators (mean temperature (Tm), wet-bulb globe temperature (WBGT), heat index (HI) and universal thermal climate index (UTCI)) on emergency department visits across 33 geographical departments in France during the summer months (June–September) for the period 2015–2019. Five causes were investigated: hyperthermia, dehydration, hyponatremia, isolated fever and fainting. Analyses were based on quasi-Poisson regressions.*

**Results** – *Irrespective of the thermal indicator, heat was associated with an excess risk of seeking emergency care for hyperthermia, dehydration, hyponatremia, isolated fever and fainting. Relative risks (RR) were found to be comparable across indicators, except for HI. For instance, regarding hyperthermia, an increase in exposure corresponding to the inter-quartile range is associated with an RR of 3.97 (95% confidence interval, [95%CI]: 3.82–4.13) for Tm, 3.81 [3.67–3.95] for WBGT, 4.22 [4.01–4.33] for UTCI, and 1.22 [1.21–2.23] for HI.*

**Conclusion** – *The results confirm that in mainland France, Tm represents a reliable thermal indicator for characterizing heat-related health issues. The more complex indicators that include other meteorological variables do not explain the effects any better. Studies documenting the circumstances of exposure would provide useful insight into the value of exposure indicators in specific contexts, such as sporting events.*

**Mots-clés :** Chaleur, Vague de chaleur, Indicateur thermique, Recours aux soins d'urgence

**// Keywords:** Heat, Heatwave, Thermal indicator, Emergency department visits

## Introduction

Les changements climatiques actuels se traduisent par un déplacement de la distribution des températures vers des valeurs plus élevées, et une augmentation de la variabilité climatique. Ceci conduit à une augmentation de l'exposition de la population à la chaleur, ayant des conséquences sur le bien-être et la santé, avec un coût sociétal élevé. Les fortes chaleurs sont de plus en plus susceptibles de restreindre les activités quotidiennes, notamment celles sollicitant un effort physique.

Si les impacts de la chaleur sur la mortalité sont importants (plus de 5 000 décès attribuables à la chaleur en France hexagonale pendant l'été 2023<sup>1</sup>), ils ne représentent qu'une part de l'impact sur la santé. Chaque année, pendant l'été, on observe en France une augmentation des passages aux urgences pour diverses causes, et pour toutes les classes d'âges<sup>1,2</sup>.

Les températures minimales, moyennes, et maximales sont aujourd'hui les indicateurs privilégiés pour décrire l'exposition à la chaleur, tant pour le suivi des canicules à des fins de prévention et de gestion, que dans les études épidémiologiques a posteriori. Cependant d'autres paramètres comme le vent ou l'humidité jouent également un rôle important dans la thermorégulation<sup>3</sup>. Plusieurs indicateurs thermiques sont proposés dans la

littérature comme alternative à la température, pour intégrer ces paramètres jouant sur les transferts de chaleur entre le corps et l'air ambiant. Ces indicateurs peuvent être directement mesurés, ou calculés en combinant aux moins deux paramètres météorologiques, via des équations plus ou moins complexes. Ces équations peuvent aller jusqu'à inclure des hypothèses sur la composition corporelle ou l'habillement<sup>4</sup>. Certains de ces indicateurs, comme la température au thermomètre-globe mouillé (WBGT, *wet-bulb globe temperature*) sont particulièrement utilisés dans des systèmes d'alerte à l'étranger ou dans un contexte d'activité physique professionnelle ou de loisir<sup>5</sup>.

Cet article compare plusieurs indicateurs thermiques et leur capacité à expliquer le recours aux soins en population générale, pour des causes liées à la chaleur en France hexagonale entre 2015 et 2019.

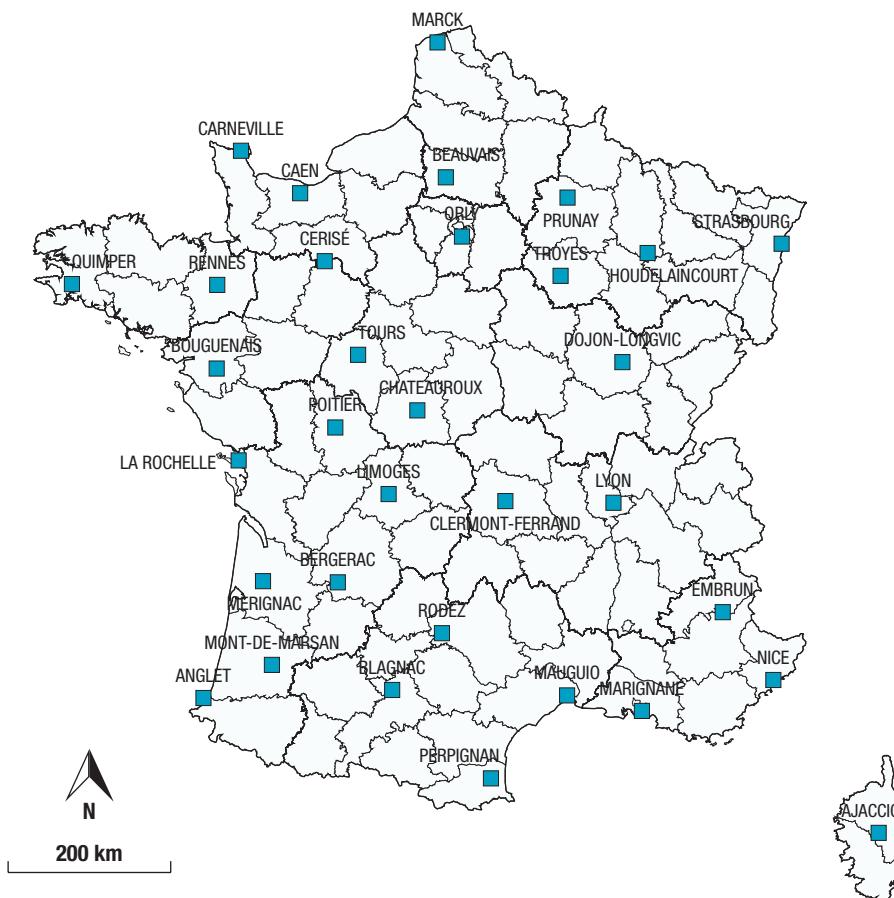
## Méthode

### Indicateurs thermiques testés

Dans le cadre d'une réflexion sur les Jeux Olympiques et Paralympiques 2024, Météo-France a identifié huit indicateurs thermiques pouvant être pertinents pour le climat français, et calculé leurs valeurs quotidiennes pour 33 stations météorologiques de référence (figure 1) du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre entre 2015 et 2019.

Figure 1

### Stations météorologiques produisant les indicateurs d'exposition de l'étude



Réalisation Santé publique France, janvier 2025 données Météo-France.

Cette base de données, ainsi qu'un calcul de corrélations entre les indicateurs, ont servi de point de départ pour sélectionner les indicateurs thermiques inclus dans cette étude.

Bien que correspondant à des définitions et des équations différentes, ces huit indicateurs (*modified discomfort index* (MDI), l'humidex, le *temperature-humidity index* (THI), l'indice de confort d'été, le WBGT, l'*environmental stress index* (EDI), l'*universal thermal climate index* (UTCI), et le *heat index* (HI)) présentaient des coefficients de corrélation très élevés avec la température moyenne ( $r>0,8$ ), à l'exception du HI. Par exemple, le WBGT était fortement corrélé au MDI ( $r=0,92$ ), à l'indice de confort d'été ( $r=0,97$ ), au THI ( $r=0,99$ ), à l'EDI ( $r=1,00$ ) et à l'humidex ( $r=0,97$ ), et plus faiblement au HI ( $r=0,67$ ).

En considérant ces corrélations, quatre indicateurs thermiques ont été retenus, dont les méthodes de calcul sont exposées dans l'encadré :

- 1) le WBGT, car il est très utilisé dans les études internationales. Il prend en compte la température, l'humidité, la vitesse du vent et le rayonnement. Cet indicateur est particulièrement utilisé dans le cadre de la pratique sportive, par exemple aux États-Unis ou par les fédérations internationales sportives, notamment dans le cadre des Jeux Olympiques et Paralympiques<sup>6</sup> ;
- 2) le HI<sup>7</sup>, compte tenu de sa moindre corrélation avec les autres indicateurs ;
- 3) l'UTCI qui prend en compte des paramètres physiologiques et un modèle d'habillement,

importants dans la mesure de la charge thermique<sup>8</sup>. Il a été développé afin de donner une approche plus précise du stress thermique individuel<sup>9-11</sup>. Il n'est également pas toujours corrélé aux autres indicateurs ;

- 4) la température moyenne (Tm) de l'air, à des fins de comparaison.

Parmi les indicateurs composites étudiés ici, plusieurs sont utilisés dans le cadre de la pratique sportive. Le plus utilisé pour certains événements sportifs est le WBGT. Plus récemment, l'UTCI et le *physiological equivalent temperature* (PET) ont été développés, afin de donner une approche plus précise du stress thermique individuel<sup>9-11</sup>.

### Données sanitaires

Les données de passages aux urgences sont extraites du système d'Organisation de la surveillance coordonnée des urgences (Oscour<sup>®</sup>), recouvrant 86% de l'activité des services d'urgences en France<sup>12</sup>.

Les regroupements syndromiques retenus ont été choisis en s'appuyant sur la littérature : hyperthermie et coup de chaleur, déshydratation, hyponatrémie, fièvre isolée, malaise<sup>1,13,14</sup>. Les trois premiers constituent l'indicateur composite iCanicule, analysé dans le cadre du système d'alerte canicule et santé (Sacs)<sup>15</sup>. Les données ont été analysées pour tous les âges confondus et en taux de passages pour une cause parmi l'ensemble des passages codés du jour, afin de s'affranchir des biais liés aux variations du nombre de passages codés chaque jour.

Encadré

#### Calcul des indicateurs thermiques retenus

Les méthodes de calcul des quatre indicateurs thermiques retenus sont les suivantes :

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ Tw} + 0,2 \text{ Tg} + 0,1 \text{ Ta}$$

Où :

Tw est la température du thermomètre mouillé

Tg est la température du globe (prend en compte le bilan radiatif net d'une surface)

Ta est la température absolue de l'air

$$\text{HI} = -42,379 + 2,04901523 \text{ T} + 10,14333127 \text{ R} - 0,22475541 \text{ TR} - 6,83783 \times 10^{-3} \text{ T}^2 - 5,481717 \times 10^{-2} \text{ R}^2 \\ + 1,22874 \times 10^{-3} \text{ T}^2\text{R} + 8,5282 \times 10^{-4} \text{ TR}^2 - 1,99 \times 10^{-6} \text{ T}^2\text{R}^2$$

Exprimé en degrés Fahrenheit, où :

T est la température de l'air (en degrés Fahrenheit)

R est l'humidité relative (en %)

$$\text{UTCI} = f(\text{Ta}, \text{Ttrm}, \text{Uvent}, \text{Pvapeur})$$

Où :

Ta est la température absolue de l'air

Ttrm est la température radiative moyenne

Uvent est la vitesse du vent

Pvapeur est la pression de vapeur saturante de l'eau

$$\text{Tm} = (\text{Tn} + \text{Tx})/2$$

Où :

Tn est la température minimale d'une journée

Tx est la température maximale d'une journée

## Zone et période d'étude

La zone d'étude correspond aux 33 départements pour lesquels Météo-France a produit les indicateurs d'exposition pour une station représentative d'un département (figure 1 ; liste des départements : 05, 06, 10, 12, 13, 14, 17, 2A, 21, 24, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 44, 50, 51, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 86, 87, 94). Dans ces 33 départements, les données des services d'urgences du réseau Oscour® ont été agrégées. La période d'étude s'étend du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre (période d'activation du Sacs) des années 2015 à 2019. Avant 2015, le nombre d'hôpitaux transmettant à Oscour® et le nombre de vagues de chaleur étaient moins importants. Les années à partir de 2020 ont été exclues, étant donné que la pandémie de Covid-19 a modifié les recours aux soins d'urgence.

## Analyses statistiques

La description des passages aux urgences est présentée par quartiles des valeurs d'indicateurs thermiques. Une régression de quasi-Poisson a été réalisée sur les taux journaliers de passages aux urgences en fonction des valeurs d'exposition. Celle-ci prend en compte la population de chaque département, et contrôle sur l'année, les jours de la semaine et le nombre total de passages. Les résultats sont présentés en risques relatifs (RR), calculés pour une augmentation de l'indicateur thermique correspondant à l'intervalle interquartile (IQR). L'IQR est calculé en faisant la différence entre le 3<sup>e</sup> et le 1<sup>er</sup> quartile. Le calcul des RR pour une augmentation standardisée d'exposition permet de comparer les RR des différents indicateurs entre eux.

Même si les termes « degrés » ou « température » sont couramment utilisés pour le WBGT, le HI et l'UTCI, les équations, paramètres météorologiques

et coefficients associés sont différents pour chaque indicateur, et ne conduisent pas à des degrés Celsius. De plus, chaque indicateur thermique se réfère à une échelle qui lui est propre (1 degré de WBGT n'est pas équivalent à 1 degré d'UTCI ou à 1°C de Tm).

## Résultats

### Descriptif des données environnementales et sanitaires

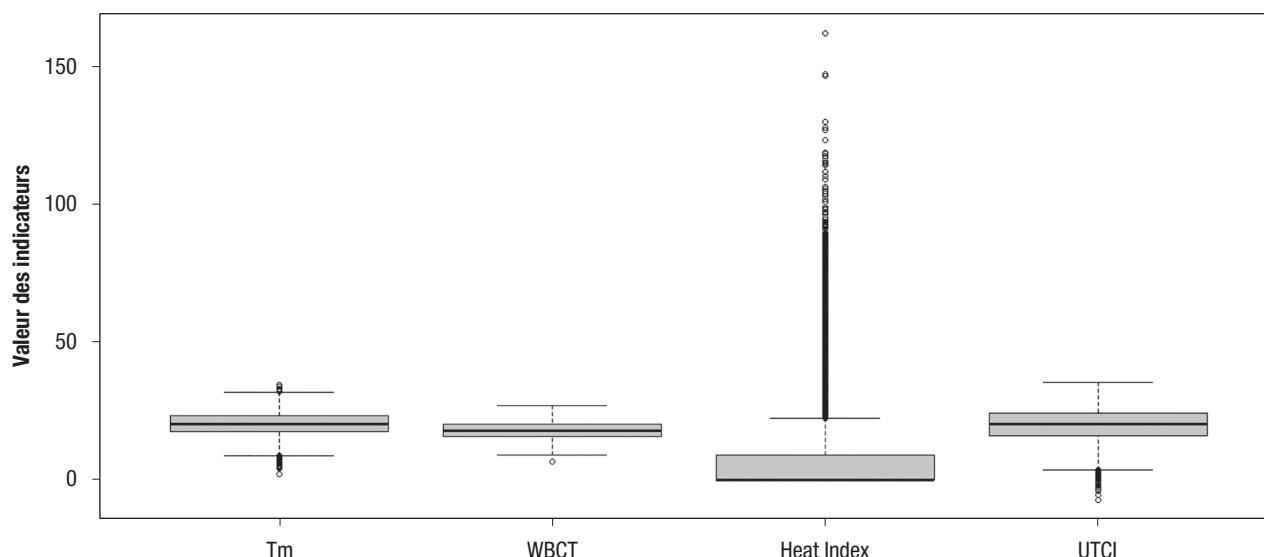
Du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre des années 2015 à 2019, en France, la Tm variait entre 1,9°C et 34,4°C, le WBGT entre 7 et 27, le HI entre 0 et 162, l'UTCI entre -7 et 36 (figure 2). À l'exception du HI, tous les indicateurs avaient des valeurs significativement plus élevées pendant les canicules que pendant les autres jours de l'été.

Les analyses ont porté sur 1 854 passages pour hyperthermie (54% des passages concernaient les personnes de moins de 30 ans), 11 449 passages pour hyponatrémie (88% concernaient des personnes de 60 ans et plus), 16 240 passages pour déshydratation (67% concernaient des personnes de 60 ans et plus), 117 610 passages pour fièvre isolée (68% concernaient des personnes de moins de 15 ans) et 272 519 passages pour malaise (50% concernaient des personnes de 60 ans et plus), dans les 33 départements et sur les 5 années d'étude. On retrouve les classes d'âge habituelles, à savoir les plus jeunes pour les fièvres isolées et les hyperthermies, et les plus âgés pour les déshydratations, hyponatrémies et malaises (tableau 1).

Les hyponatrémies sont les plus concernées par une différence de sexe. Celles-ci concernant principalement les personnes âgées de 75 ans et plus, il est possible qu'il y ait un effet démographique sur la répartition par sexe.

Figure 2

### Distribution des valeurs des indicateurs thermiques sélectionnés dans l'étude



Tm : température moyenne ; WBGT : température au thermomètre globe mouillé (*wet-bulb globe temperature*) ; UTCI : *universal thermal climate index*.

Le nombre quotidien le plus élevé d'hyperthermies était de 27 passages dans les Bouches-du-Rhône, le 28 juin 2019, jour où le département était en vigilance rouge (avec une Tm de 31°C, un WBGT à 26, un HI à 63, et un UTCI à 33).

La figure 3 décrit la distribution des taux journaliers de passages pour hyperthermies ou malaise par quartile d'indicateurs thermiques. On observe une tendance à l'augmentation des taux pour les quartiles d'indicateurs thermiques plus élevés, également observée pour toutes les autres causes.

### Risque relatif de passages aux urgences par cause pour une augmentation interquartile d'indicateurs thermiques

Le tableau 2 détaille les RR de passages aux urgences par causes, pour une augmentation interquartile de chaque indicateur. Par exemple, lorsque la Tm augmente d'un IQR (5,7°C), le RR de passages aux urgences pour hyperthermie est de 3,97 (intervalle de confiance à 95%, IC95%: [3,82-4,13]). Pour le WBGT, ce RR est de 3,81 [3,67-3,95]. Les RR les plus élevés sont observés pour l'hyperthermie puis

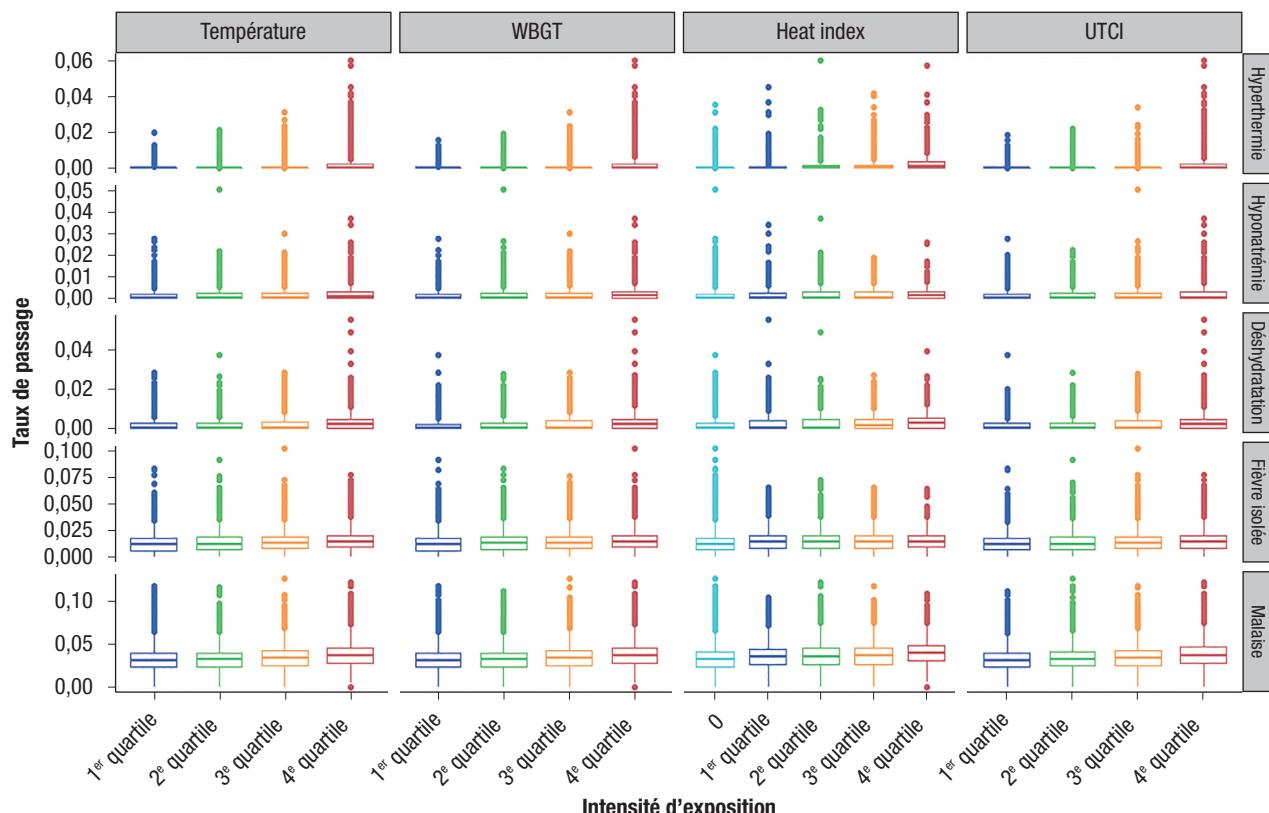
Tableau 1

#### Répartition des passages aux urgences pour chaque regroupement syndromique étudié, selon la classe d'âge ou le sexe, 2015-2019

	Déshydratation	Fièvre isolée	Hyperthermie	Hyponatrémie	Malaise
<b>Classes d'âge</b>					
0-14 ans	15%	68%	29%	0%	6%
15-29 ans	6%	6%	25%	1%	16%
30-44 ans	5%	5%	13%	3%	13%
45-59 ans	7%	5%	11%	10%	15%
60-74 ans	13%	8%	10%	22%	18%
75 ans et plus	54%	9%	12%	64%	32%
<b>Sexe</b>					
Femmes	53%	45%	47%	66%	57%
Hommes	47%	55%	53%	34%	43%

Figure 3

#### Taux relatifs journaliers de passages aux urgences des regroupements syndromiques étudiés selon les quartiles de distribution des 4 indicateurs d'exposition à la chaleur, 2015-2019



WBGT : température au thermomètre globe mouillé (*wet-bulb globe temperature*) ; UTCI : *universal thermal climate index*.

Tableau 2

**Risque relatif (RR) pour chaque indicateur sanitaire en fonction d'une augmentation d'exposition correspondante à l'intervalle interquartile (IQR) des 4 indicateurs d'exposition**

IQR	RR calculé pour une augmentation d'exposition correspondant à l'IQR [IC95%]				
	Hyperthermie	Hyponatrémie	Déshydratation	Fièvre isolée	Malaise
Tm	5,7	3,97 [3,82-4,13]	1,36 [1,32-1,40]	1,82 [1,77-1,86]	1,11 [1,10-1,12]
WBGT	4,4	3,81 [3,67-3,95]	1,35 [1,32-1,39]	1,82 [1,77-1,86]	1,11 [1,10-1,12]
UTCI	8,3	4,22 [4,01-4,43]	1,34 [1,30-1,37]	1,79 [1,74-1,84]	1,12 [1,10-1,13]
Heat index	8,7	1,22 [1,21-1,23]	1,07 [1,07-1,08]	1,13 [1,12-1,13]	1,02 [1,02-1,03]
Heat index >0	24,5	1,38 [1,33-1,44]	1,15 [1,11-1,18]	1,29 [1,25-1,32]	1,04 [1,02-1,05]
					1,06 [1,05-1,07]

Tm : température moyenne ; WBGT : température au thermomètre globe mouillé (*wet-bulb globe temperature*) ; UTCI : *universal thermal climate index*.

la déshydratation, avec des ordres de grandeurs similaires entre Tm, WBGT et UTCI.

Pour l'HI, les RR ont été calculés pour toutes les valeurs, et uniquement pour les valeurs positives (par construction, le HI présente un très grand nombre de valeurs nulles). En comparaison aux autres indicateurs, il est associé à des RR plus faibles pour toutes les causes, et en particulier pour l'hyperthermie.

## Discussion

### Synthèse des principaux résultats

Cette étude explore pour la première fois en France hexagonale l'influence de différents indicateurs thermiques alternatifs à la température sur les passages aux urgences pour des causes sensibles à la chaleur.

À l'exception du HI, tous les indicateurs thermiques considérés étaient très fortement corrélés entre eux, et avec la Tm. Ils caractérisent donc des expositions comparables. Le HI fait exception : du fait de sa construction, tous les jours avec une Tm inférieure à 27°C ou un taux d'humidité relative à 40% ont un HI égal à 0. Ainsi, cet indicateur, très utilisé notamment dans les études américaines, semble peu adapté au contexte climatique français, puisqu'il a une valeur égale à 0 la majorité des jours (Météo-France, non publié).

Pour tous les indicateurs thermiques testés, une augmentation d'une valeur basse (25<sup>e</sup> percentile de leur distribution) à une valeur élevée (75<sup>e</sup> percentile de leur distribution) était associée à une augmentation significative du nombre de passages aux urgences pour hyperthermie, déshydratation, hyponatrémie, malaise et fièvre isolée. Les augmentations les plus importantes sont logiquement observées pour les hyperthermies.

La Tm, le WBGT et l'UTCI présentent des RR pour un intervalle interquartile d'ordre de grandeur très similaire. Le HI est associé à des RR plus bas, et semble ici encore moins approprié que les autres indicateurs.

### Intérêt de la température moyenne pour une caractérisation de l'exposition à la chaleur en population générale

Les résultats similaires obtenus pour la Tm, le WBGT et l'UTCI confirment l'intérêt de la température de l'air ambiant comme indicateur à privilégier pour une surveillance de ces événements de santé les plus sensibles à la chaleur en population générale. Elle est plus simple à mesurer, et est plus facilement interprétable et communicable que le WBGT et l'UTCI, qui sont aussi plus coûteux à produire. D'autre part, l'exposition à l'humidité, en plus de la chaleur, ne semble pas modifier le risque sanitaire associé dans les études épidémiologiques effectuées dans un climat tempéré<sup>16</sup>.

### Intérêts potentiels de l'utilisation de différents indicateurs thermiques

Afin d'approfondir l'intérêt et la plus-value de certains des indicateurs thermiques en lien avec les recours aux soins, plusieurs pistes seraient à explorer. Cette étude s'est focalisée sur des départements de France hexagonale. Il serait opportun d'étendre ces analyses aux départements et régions d'outre-mer (DROM) qui présentent des climats différents. Le HI, notamment, pourrait prendre des valeurs différentes et les relations observées avec les recours aux soins pourraient également différer de celles observées dans cette étude. Toutefois, l'humidité relative ne semble pas avoir d'influence non plus dans les DROM sur la mortalité<sup>17</sup>.

Ces résultats ont été produits pour l'ensemble de la population, tous âges confondus. L'influence de la chaleur peut varier selon les classes d'âge. Certaines pathologies, comme l'hyponatrémie, sont particulièrement rencontrées chez les personnes les plus âgées. Les plus jeunes sont eux particulièrement concernés par les hyperthermies. Ces hyperthermies peuvent être la conséquence d'une méconnaissance du risque ou d'une activité professionnelle ou physique sportive inadaptée<sup>18</sup>. Lorsque les mécanismes de thermorégulation essentiels à la dissipation de la chaleur (conduction, radiation, évaporation et convection) sont dépassés, des symptômes allant de simples crampes aux hyperthermies d'effort

peuvent survenir, conduisant à une augmentation de la morbidité, voire de la mortalité<sup>19</sup>. Aux États-Unis, les hyperthermies d'effort sont la 3<sup>e</sup> cause de mortalité chez les athlètes, après les arrêts cardiaques et les traumatismes crâniens<sup>20</sup>.

Plusieurs des indicateurs thermiques considérés, et en particulier le WBGT sont très utilisés pour suivre et gérer les risques liés à la chaleur dans le cadre d'une activité sportive. Il aurait donc été particulièrement intéressant d'explorer son lien avec des passages aux urgences circonstanciés (dans le cadre d'une activité professionnelle, sportive...). Les données disponibles actuellement dans Oscour® ne permettent pas de telles analyses. Des études spécifiques sur l'effet de la chaleur sur l'activité physique, professionnelle ou sportive, y compris de loisir, seraient très utiles pour mieux identifier les facteurs de risques, les indicateurs thermiques utiles dans ces contextes, et ainsi alimenter la prévention.

De telles études sont d'autant plus importantes que le nombre d'événements de santé relatifs à la chaleur et à la pratique sportive semblent déjà augmenter, notamment pour les 15-34 ans et les plus de 65 ans<sup>21</sup>. Le risque chez les plus jeunes serait lié à une motivation excessive lors d'une pratique, ce qui augmenterait considérablement la charge thermique au-delà d'un certain seuil de tolérance. Des informations contextualisées d'exposition à la chaleur pourraient être très intéressantes pour accompagner ces populations.

Ces pistes demeurent néanmoins spécifiques d'une zone géographique, de classes d'âge ou encore d'activités spécifiques. La température est l'indicateur le plus simple à produire, communiquer et à associer aux recours aux soins en population générale, notamment dans le cadre du système d'alerte canicule et santé. ■

#### Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

#### Références

- [1] Santé publique France. Canicule et santé. Bulletin de santé publique, bilan de l'été 2023. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024. 13 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/canicule-et-sante.-bulletin-de-sante-publique-bilan-de-l-ete-2023>
- [2] Pascal M, Lagarrigue R, Tabai A, Bonmarin I, Camail S, Laaidi K, et al. Evolving heat waves characteristics challenge heat warning systems and prevention plans. Int J Biometeorol. 2021;65(10):1683-94.
- [3] Reilly T, Drust B, Gregson W. Thermoregulation in elite athletes. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2006;9(6):666-71.
- [4] Brocherie F, Girard O, Pezzoli A, Millet GP. Outdoor exercise performance in ambient heat: Time to overcome challenging factors? Int J Hyperthermia. 2014;30(8):547-9.
- [5] Vanos JK, Grundstein AJ. Variations in athlete heat-loss potential between hot-dry and warm-humid environments at equivalent Wet-Bulb Globe Temperature thresholds. J Athl Train. 2020;55(11):1190-8.
- [6] Grundstein AJ, Hosokawa Y, Casa DJ. Fatal exertional heat stroke and American football players: The need for regional heat-safety guidelines. J Athl Train. 2018;53(1):43-50.
- [7] Perron AD, Brady WJ, Custalow CB, Johnson DM. Association of heat index and patient volume at a mass gathering event. Prehosp Emerg Care. 2005;9(1):49-52.
- [8] Bröde P, Fiala D, Błażejczyk K, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, et al. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Int J Biometeorol. 2012;56(3):481-94.
- [9] Thorsson S, Rayner D, Palm G, Lindberg F, Carlström E, Börjesson M, et al. Is Physiological Equivalent Temperature (PET) a superior screening tool for heat stress risk than Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index? Eight years of data from the Gothenburg half marathon. Br J Sports Med. 2021;55(15):825-30.
- [10] Brocherie F, Millet GP. Is the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) Index relevant for exercise in the heat? Sports Med. 2015;45(11):1619-21.
- [11] Unnikrishnan G, Hatwar R, Hornby S, Laxminarayan S, Gulati T, Belval LN, et al. A 3-D virtual human thermoregulatory model to predict whole-body and organ-specific heat-stress responses. Eur J Appl Physiol. 2021;121(9):2543-62.
- [12] Bousquet V, Caserio-Schönemann C. La surveillance des urgences par le réseau OSCOUR® (Organisation de la surveillance coordonnée des urgences). Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2013. 12 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/la-surveillance-des-urgences-par-le-reseau-oscour-R-organisation-de-la-surveillance-coordonnee-des-urgences2>
- [13] Atiki N, Pascal M, Wagner V. Influence de la chaleur sur quelques causes de recours aux soins d'urgences en France métropolitaine durant les étés 2015-2017. Bull Epidemiol Hebd. 2019(1):9-14. [https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/1/2019\\_1\\_2.html](https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/1/2019_1_2.html)
- [14] Moutet L. Évaluation des risques sanitaires liés à la pratique sportive en période de fortes chaleurs. Grenoble: Université Grenoble Alpes; 2022. 133 p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/MEM-UNIV-UGA/dumas-03867001v1>
- [15] Santé publique France. Canicule : dispositif d'alerte et de surveillance et dispositif de prévention de Santé publique France. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024. 10 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/rapport-synthese/canicule-dispositif-d-alerte-et-de-surveillance-et-dispositif-de-prevention-de-sante-publique-france>
- [16] Baldwin JW, Benmarhnia T, Ebi KL, Jay O, Lutsko NJ, Vanos JK. Humidity's role in heat-related health outcomes: A heated debate. Environ Health Perspect. 2023;131(5):55001.
- [17] Pascal M, Wagner V, Corso M, Lagarrigue R, Solet JL, Daudens É, et al. Influence de la température sur la mortalité dans les départements et régions d'outre-mer. Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 57 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/change-mment-climatique/documents/enquetes-etuves/influence-de-la-temperature-sur-la-mortalite-dans-les-departements-et-regions-d-outre-mer>
- [18] Brocherie F, Girard O, Millet GP. Emerging environmental and weather challenges in outdoor sports. Climate. 2015;3(3):492-521.

- [19] Leon LR, Bouchama A. Heat stroke. Compr Physiol. 2015;5(2):611-47.
- [20] Mitchell KM, Cheuvront SN, King MA, Mayer TA, Leon LR, Kenefick RW. Use of the heat tolerance test to assess recovery from exertional heat stroke. Temperature. 2019; 6(2):106-19.
- [21] Tobías A, Casals M, Saez M, Kamada M, Kim Y. Impacts of ambient temperature and seasonal changes on sports injuries in Madrid, Spain: A time-series regression analysis. BMJ Open Sport Exerc Med. 2021;7(4):e001205.

**Citer cet article**

Moutet L, Lagarrigue R, Brocherie F, Fifre G, Pascal M. Indicateurs thermiques et recours aux soins d'urgence en France hexagonale entre 2015 et 2019. Bull Epidemiol Hebd. 2025;(7):86-93. [https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025\\_7\\_1.html](https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025_7_1.html)

## › FOCUS // Focus

### CHALEUR ET PERFORMANCE SPORTIVE : QUELS MOYENS POUR LIMITER LES RISQUES ENCOURUS ?

// HEAT AND SPORTING ACTIVITIES: HOW TO LIMIT THE RISKS?

Franck Brocherie<sup>1</sup> (franck.brocherie@insep.fr), Sébastien Racinais<sup>2</sup>, Mathilde Pascal<sup>3</sup>, Agnès Verrier<sup>3</sup>, Léo Moutet<sup>3</sup>, Robin Lagarrigue<sup>3</sup>, Jean-François Toussaint<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire sport, expertise et performance (EA7370), Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (Insep), Paris

<sup>2</sup> DMEM, Université de Montpellier, Inrae, Environmental Stress Unit, Creps Montpellier Font-Romeu, Montpellier

<sup>3</sup> Santé publique France, Saint-Maurice

<sup>4</sup> Institut de recherche bioMédicale et d'épidémiologie du sport (Irmes), Institut national du sport de l'expertise et de la performance (Insep), Université Paris Cité, Centre d'investigation en médecine du sport (Cims), Hôpital Hôtel-Dieu, AP-HP, Paris

Soumis le : 07.11.2023 // Date of submission: 11.07.2023

#### Résumé // Abstract

Quel que soit le niveau de pratique sportive, s'entraîner et/ou participer à des compétitions en plein air en conditions chaudes (température de l'air >30-35°C) pose de réels défis quant à la thermorégulation, l'hydratation et *in fine* la performance sportive. Ces conditions peuvent, dans les cas extrêmes, avoir des conséquences dramatiques si l'intensité et/ou la durée d'exercice est maintenue. Alors que le changement climatique entraîne une augmentation de l'exposition à la chaleur, il devient primordial de fournir les informations et recommandations qui permettront de minimiser les dangers encourus par les sportifs de tout niveau.

Lorsqu'elle est possible, une exposition répétée à un stress thermique (par exemple, 60 à 90 minutes à 35-40°C et 40% d'humidité relative) pendant 7 à 14 jours permet à l'organisme de s'acclimater à la chaleur. L'hydratation tient également un rôle essentiel pour compenser les pertes hydriques (sueur, dont la quantité augmente en environnement chaud) qui permettent de dissiper l'excès de chaleur produit par les muscles. De même, le choix et l'usage de stratégies de refroidissement (par ex., application externe (immersion en eau froide), interne (boisson froide ou glace pilée), ou combinée, administrée avant, pendant ou après un effort en conditions chaudes) permettent une meilleure tolérance physiologique et psycho-cognitive et une amélioration de la performance sportive.

Indépendamment de ces mesures, un certain nombre de recommandations sont à adopter pour les sportifs et tout autre participant, actif ou passif, à l'entraînement ou en compétition sportive (officiels, coachs, travailleurs/bénévoles et spectateurs), tout en prévoyant la restriction, le report ou l'annulation des activités physiques et sportives extérieures.

*Whatever the level of sport practiced, training and/or competing outdoors in hot conditions (e.g., >30–35°C) reveals challenges in terms of thermoregulation, hydration and overall performance which, in extreme cases, can have dramatic consequences if the intensity and/or duration of exercise is maintained. With climate change causing increasing exposure to heat, it is important to provide information and recommendations to athletes of all levels on how to minimize heat-related dangers.*

*When possible, repeated exposure to heat stress (e.g., 60–90 min at 35–40°C and 40% relative humidity) for 7 to 14 days permits the body acclimatize to the heat. Hydration also plays an important role in compensating sweat evaporation (which increases in hot environments), playing an essential role in dissipating the excess heat produced by muscles. Similarly, employing adapted cooling strategies (e.g., external, internal or combined; before, during or after exercising in hot conditions) enables better physiological and psycho-cognitive tolerance to heat and improves sporting performance.*

*Independently of these measures, specific recommendations should be observed by athletes and all active or passive participants in sports training/competitions (officials, coaches, staff/volunteers and spectators), in combination with restriction, postponement or cancellation policies regarding physical and sporting activities.*

**Mots-clés :** Sport de plein air, Stress thermique, Acclimatation, Réchauffement climatique, Canicule  
*// Keywords: Outdoor sport, Thermal stress, Acclimatization, Global warming, Heatwave*

## Introduction

L'activité physique et sportive est un déterminant majeur de l'état de santé des individus, indépendamment de leur âge<sup>1</sup>. Le lien entre les niveaux d'activité physique et sportive et la réduction des risques de mortalité a été rapporté chez des individus sédentaires, tout comme chez des athlètes de haut niveau<sup>2</sup>. Avec l'émergence de nouvelles technologies portables (GPS...) et disciplines sportives (trekking, ultra-endurance...), et l'augmentation de la pratique individuelle, la pratique sportive en « plein air » est le cadre de prédilection des Français<sup>3</sup>.

Au cours d'une activité physique et sportive, seuls 20 à 25% de l'énergie métabolique est convertie en travail mécanique, tandis que le reste est libéré sous forme de chaleur pour maintenir l'homéostasie. Par conséquent, s'entraîner et/ou participer à des compétitions lorsqu'il fait chaud (température de l'air ambiant >30-35°C) pose de réels défis aux athlètes de haut niveau comme aux pratiquants occasionnels<sup>4,5</sup>, pour dissiper cet excédent de chaleur tout en maintenant l'équilibre entre thermorégulation (transfert de la chaleur des muscles vers la peau via une augmentation du flux sanguin), niveau d'hydratation (nécessaire à la dissipation de la chaleur dans l'environnement, notamment par l'évaporation de la sueur) et maintien de l'effort physique<sup>6</sup>. Si l'intensité d'exercice est trop élevée et/ou la durée d'effort trop longue, la chaleur produite ne pouvant pas être dissipée dans l'environnement s'accumule et conduit à une hyperthermie d'exercice (avec une température centrale >38,5-39,0°C et altération du système nerveux central)<sup>6</sup>, aux conséquences parfois dramatiques.

Avec le changement climatique qui entraîne une augmentation de l'exposition à la chaleur<sup>7</sup>, ces risques seront exacerbés dans un futur proche, d'autant plus que le taux de participation aux activités de « plein air » a tendance à croître avec l'augmentation de la température ambiante<sup>8</sup>. Il devient alors primordial de fournir les informations et recommandations appropriées afin de minimiser les dangers encourus par les sportifs de tout niveau pratiquant en conditions chaudes.

Cet article se présente comme une note d'information pratique s'appuyant sur une brève synthèse d'éléments clés rapportés dans diverses sources, incluant des articles originaux, des revues systématiques, des méta-analyses et des consensus de groupes d'experts.

## Contraintes environnementales

L'optimum thermique chez l'homme se situe à une température ambiante entre 20° et 25°C. Cette température correspond, pour un corps nu

immobile, à une situation n'entraînant ni gain ni perte de chaleur. Dans ces conditions, l'organisme n'a donc pas besoin d'enclencher un quelconque mécanisme adaptatif vis-à-vis d'un environnement chaud ou froid. Ces valeurs sont par conséquent celles où l'on constate les taux de mortalité les plus faibles en population<sup>9</sup>. Cependant, à l'exercice, si les efforts brefs sont optimaux à cette température<sup>10</sup> avec un potentiel effet bénéfique de la chaleur<sup>11</sup>, les performances d'endurance sont meilleures à une température ambiante plus faible (10-17,5°C)<sup>12</sup>, avec un effet délétère de la chaleur<sup>13</sup>.

Le transfert de chaleur entre un organisme et son environnement est réalisé par quatre mécanismes<sup>6</sup> :

- la convection : transfert bidirectionnel avec un fluide gazeux (air) ou liquide (eau), contribution faible (environ 20%) lors d'un exercice en condition chaude ;
- la conduction : transfert direct au moyen d'un contact physique avec un corps solide, contribution quasi-nulle lors d'un exercice ;
- le rayonnement : échange par radiation, sans contact direct avec le milieu extérieur, contribution minimale (environ 5%) ;
- l'évaporation par les voies respiratoires et surtout par la sudation transcutanée : contribution la plus importante (>70%) lors d'un exercice.

Les facteurs météorologiques principaux (température ambiante, humidité, vent et radiation solaire) agissent de façon combinée sur le transfert de chaleur et sur la performance sportive<sup>10</sup>. Par ailleurs, de nombreux facteurs individuels comme la morphologie, l'équipement sportif, le cycle menstruel, interfèrent avec la thermorégulation<sup>14</sup> et augmentent les risques de coup de chaleur, événement potentiellement létal résultant de la somme de vulnérabilités et de contraintes thermiques non équilibrées<sup>5</sup>. Ces principaux facteurs sont : un âge supérieur à 40 ans, l'obésité (IMC >30 kg/m<sup>2</sup>), un niveau physique insuffisant, une déshydratation préalable, le manque de sommeil, une infection virale récente (surtout si elle est accompagnée de diarrhée), la consommation d'alcool, des antécédents médicaux en lien avec des coups de chaleur, le trait drépanocytaire (plus important chez les personnes originaires d'Afrique du Nord et certaines populations asiatiques) et la prise de certains médicaments (diurétiques, anti-dépresseurs, anti-inflammatoires non stéroïdiens).

Que ce soit en conditions fraîches/tempérées (8-18°C) ou chaudes (>30-35°C, avec ou sans humidité), le prolongement d'une activité physique et sportive dans un état hyperthermique peut entraîner

le développement de complications cliniques qui suivent un continuum de gravité<sup>6</sup> allant de simples crampes (résultant de la fatigue musculaire d'une part, et de la perte de sodium dans la sueur d'autre part) à l'atteinte fonctionnelle d'organes (foie, reins, intestin, muscles) et la mort<sup>15</sup> (figure 1).

Le coup de chaleur se caractérise par une dysfonction d'organes associant des troubles du système nerveux central (hyperexcitabilité ou confusion, désorientation, altération du jugement) et des lésions hépatiques, musculaires (mort cellulaire ou rhabdomyolyse), sanguines (coagulation intravasculaire disséminée, déséquilibres hydriques et électrolytiques) ou rénales<sup>16</sup>, auxquelles s'associent des problèmes respiratoires et cardiovasculaires qui peuvent être exacerbés par divers polluants. Si un diagnostic rapide et un traitement approprié peuvent sauver des vies, l'apparition de coups de chaleur peut aussi être prévenu.

## Comment atténuer les effets de la chaleur

### S'acclimater

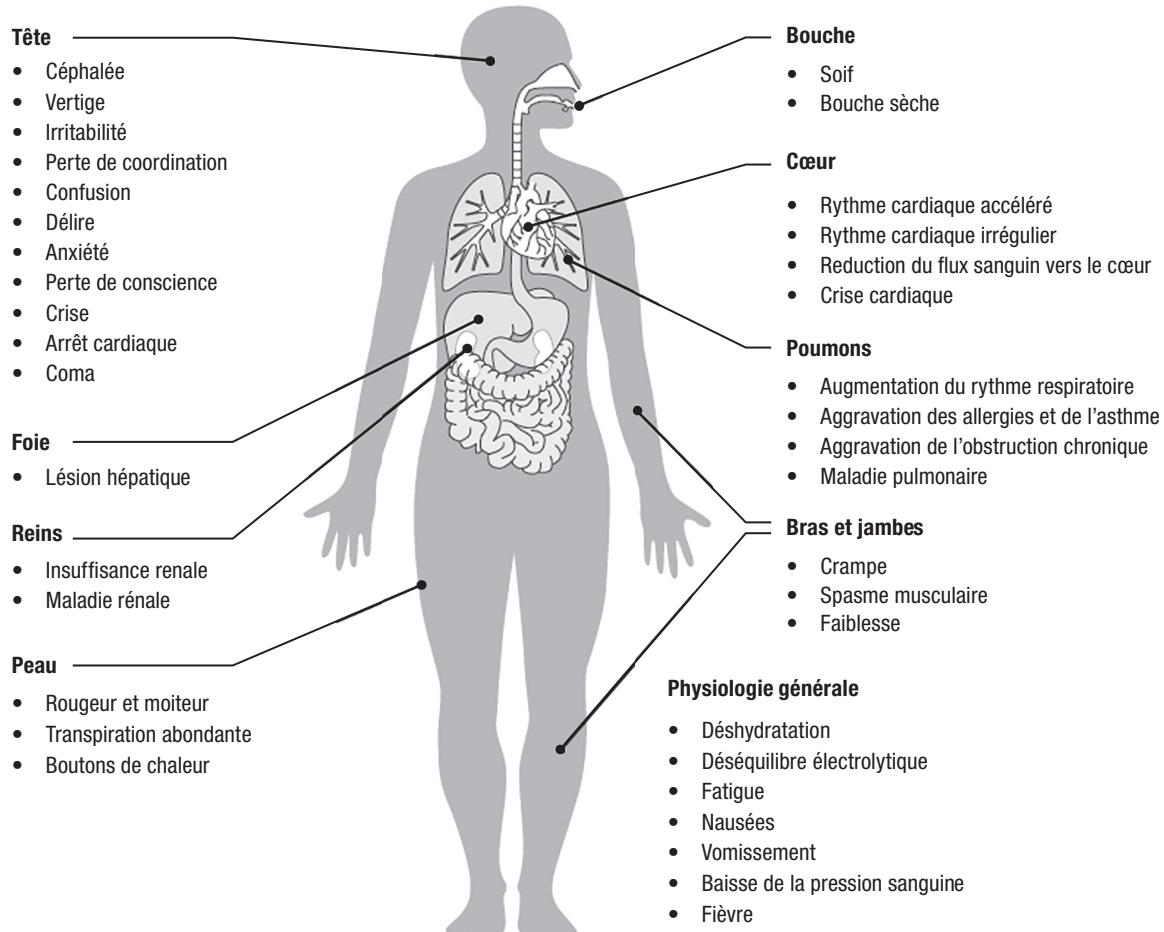
L'entraînement des capacités cardiorespiratoires, avec par exemple 2-3 séances de 30 à 45 minutes par semaine d'effort à 70-80% de la fréquence cardiaque maximale, permet des adaptations

partielles à la chaleur, en particulier chez les athlètes bien entraînés. Une exposition répétée à un stress thermique (par exemple 60-90 minutes à 35-40°C et 40% d'humidité relative en condition naturelle ou en environnement contrôlé) permet une acclimatation partielle (75-80% des adaptations ont lieu dans les 4 à 7 premiers jours) ou quasi complète (10-14 jours) à la chaleur (figure 2)<sup>17</sup> en fonction des réponses individuelles<sup>18</sup>. Pour peu que cette exposition induise une augmentation de la température centrale et une transpiration abondante<sup>6,13</sup>, celle-ci pourra se faire au moyen d'une exposition passive à la chaleur ou en réalisant des exercices en condition chaude à intensité autogérée, à allure constante, à intensité ou hyperthermie contrôlées.

Les adaptations physiologiques induites par l'acclimatation permettent une expansion du volume plasmatique sanguin (susceptible d'être maintenu pendant environ 3 semaines si le stimulus est approprié<sup>6,13</sup>), une amélioration de l'efficacité cardiovasculaire et du flux sanguin favorisant la perte de chaleur et se traduisant par une diminution de la température centrale et cutanée ; une amélioration de la thermorégulation via une augmentation de la sudation, accompagnée d'une hypertrophie et d'une optimisation fonctionnelle des glandes sudoripares<sup>6</sup>. De ces ajustements résultent une meilleure tolérance

Figure 1

### Les effets de la chaleur sur l'organisme



Source : Dahl et coll. [15]

physiologique et psycho-cognitive à la chaleur, et une amélioration de la performance sportive. L'ampleur avec laquelle l'acclimatation peut améliorer la performance en conditions chaudes dépend de l'importance du stress environnemental (température ambiante, humidité relative, vitesse du vent) et du type d'exercice (durée, intensité).

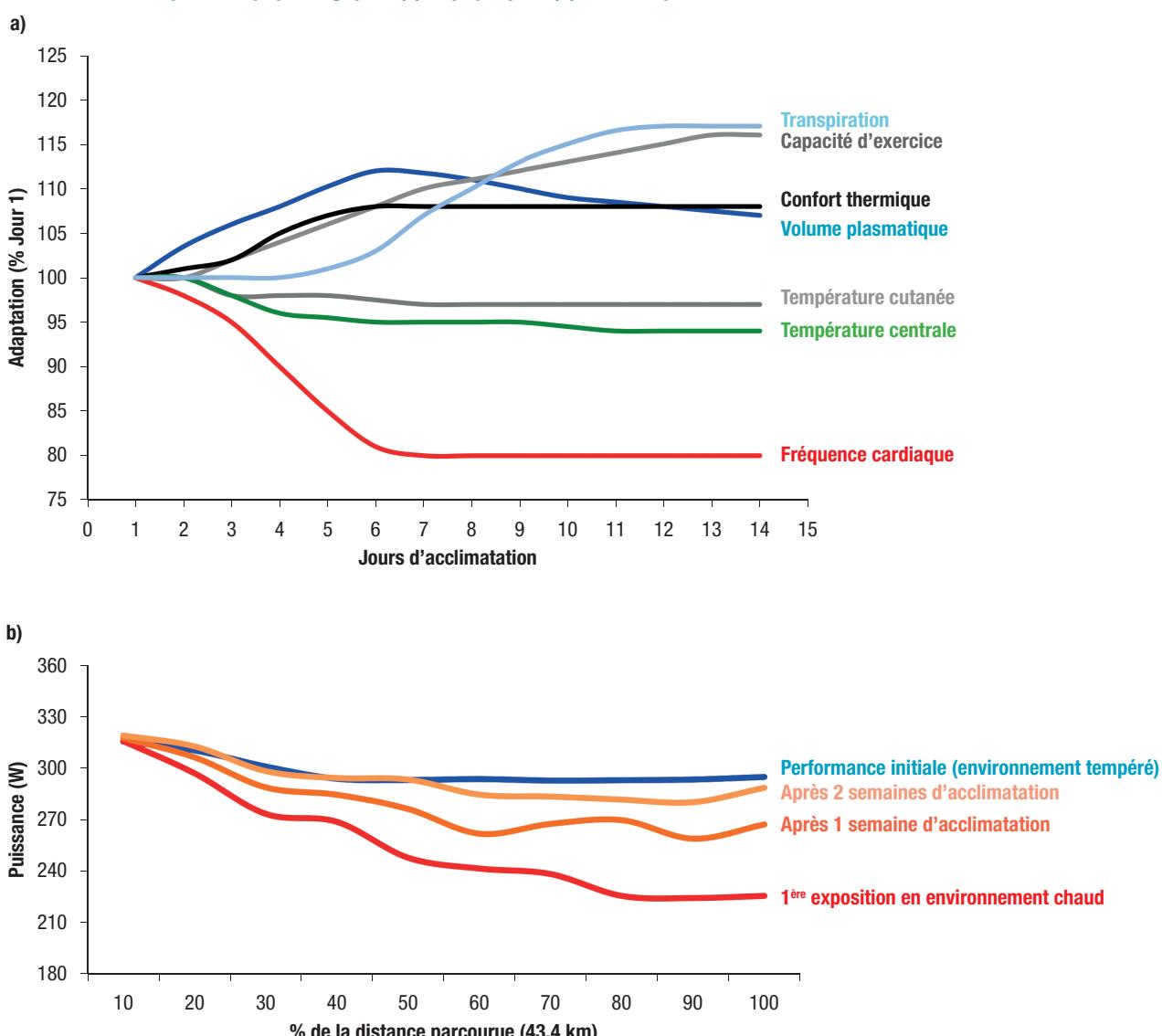
### S'hydrater

L'évaporation de la sueur joue un rôle essentiel dans la dissipation de l'excès de chaleur produit par les muscles et/ou induit par l'environnement. La contrepartie est qu'elle a pour effet de réduire les réserves d'eau et d'électrolytes de l'organisme. Le taux de transpiration varie considérablement selon le type et l'intensité

de l'exercice, les conditions environnementales (température, humidité, vitesse du vent), la génétique, la taille, la surface cutanée et la composition corporelle de l'athlète, les vêtements ou autres équipements de protection et le niveau d'entraînement et d'acclimatation<sup>19</sup>. Malgré certaines difficultés méthodologiques, l'évaluation de la balance hydrique au cours d'un exercice type peut aider les athlètes à développer ou à surveiller leur stratégie d'hydratation. En fonction de l'accès à des points d'eau (ravitaillements), du confort gastro-intestinal, de la sensation de satiété et même des croyances culturelles et personnelles<sup>20</sup>, les recommandations à prôner quant à l'hydratation sont difficiles, dans le sens où il convient de toujours veiller à l'équilibre entre l'offre et la demande hydriques (figure 3).

Figure 2

### Évolution des adaptations physiologiques (a) et physiques (b) induites par l'acclimatation à la chaleur



Note de lecture : dès la première semaine d'acclimatation à la chaleur, l'expansion du volume plasmatique est visible, accompagnée d'une réduction de la fréquence cardiaque pendant l'exercice. Les températures centrale et cutanée sont également réduites lors de l'exercice, tandis que la transpiration augmente en conditions non compensables. La perception du confort thermique est également améliorée. En conséquence de ces adaptations, la capacité d'exercice aérobie augmente. Au cours de la deuxième semaine d'acclimatation, certaines adaptations peuvent se développer davantage ou atteindre un plateau, avec un niveau de performance à l'exercice proche de celui en condition tempérée. L'ampleur de ces adaptations dépend de la nature de l'exposition à la chaleur (active ou passive), de la durée, de la fréquence et du nombre d'expositions à la chaleur, ainsi que des caractéristiques propres à l'environnement.

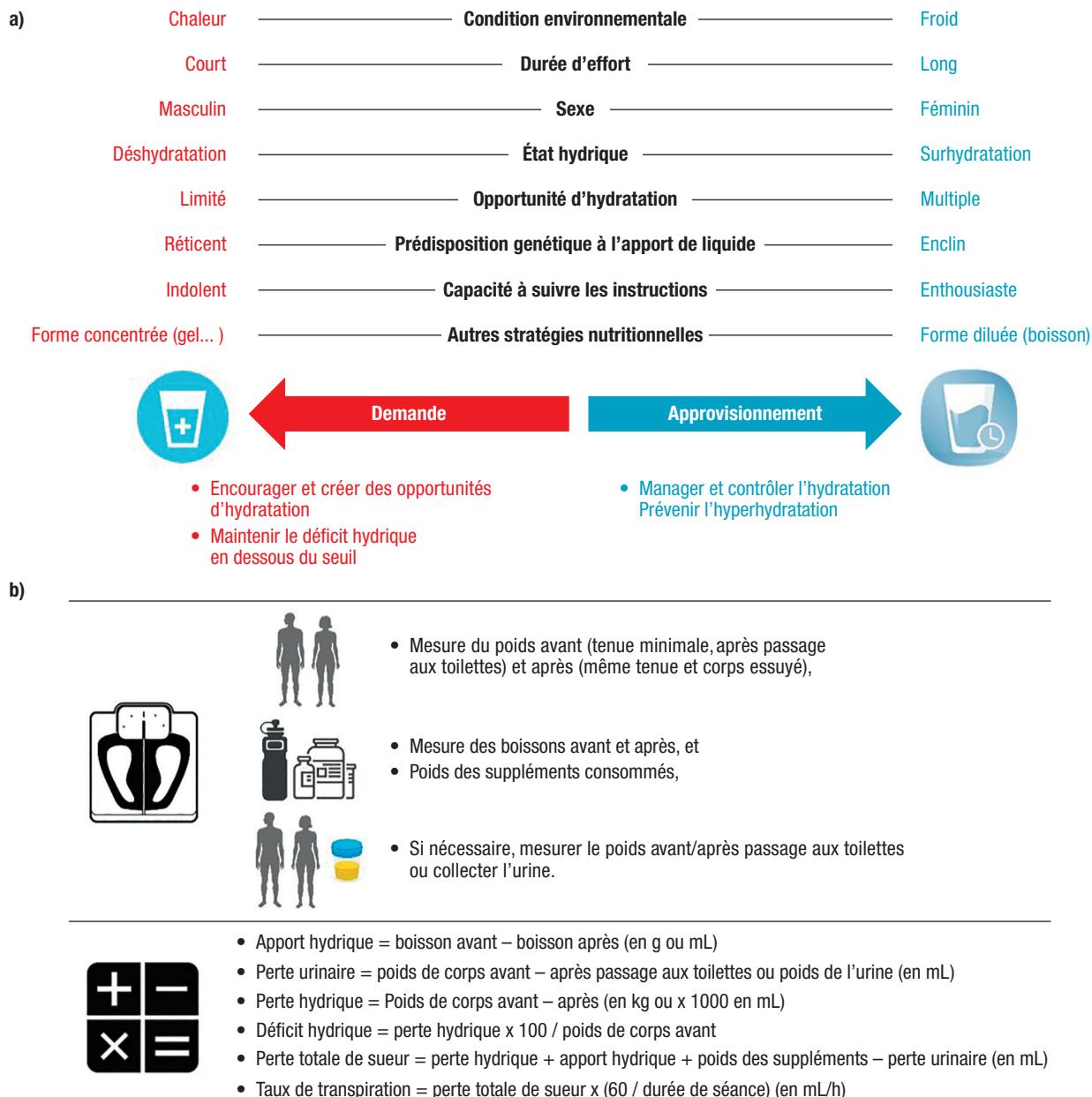
Source : Périard et coll. [6]

Dans de nombreux cas, la pratique d'une activité peut être initiée avec une hypo-hydratation préexistante (définie par une perte hydrique >2% du poids de corps)<sup>21</sup>. À l'inverse, la pratique délibérée consistant à s'hyper-hydrater avant et/ou pendant des épreuves d'endurance ou d'ultra-endurance – avec la croyance erronée de prévenir fatigue, crampes musculaires et coups de chaleur – peut conduire à des troubles intracellulaires importants (hyponatrémie aux conséquences parfois vitales)

car l'ingestion d'eau ou de boissons hypotoniques, y compris certaines dites « sportives », devient supérieure aux pertes aqueuses et électrolytiques corporelles. Ce déséquilibre constitue alors le principal facteur responsable de l'hyperhydratation. À l'inverse, considérer l'alerte de la soif pour guider opportunément ses apports est une stratégie salutaire qui limite les consommations excessives et réduit le risque d'hyperhydratation, tout en fournissant suffisamment de liquide pour prévenir la déshydratation<sup>13,22</sup>.

Figure 3

### Continuum des stratégies d'hydratation en fonction de la demande et l'approvisionnement (a) et estimation de la balance hydrique (b)



Note de lecture : Les problèmes d'ingestion de fluides suivent un continuum avec un point d'équilibre entre l'offre et la demande. Certains facteurs identifiés dans la pratique sportive, ou à l'exercice, peuvent favoriser une sous-consommation ou une surhydratation, même au cours d'un même événement ou chez un même individu. En fonction de la balance entre niveau de transpiration et opportunités/désirs de boire, des conseils peuvent être promulgués. Par exemple, en condition tempérée, lors d'un exercice d'intensité modérée avec de nombreuses occasions d'ingestion de fluides, il peut suffire de boire jusqu'à satiété. À l'inverse, lorsque les facteurs sont réunis pour induire une demande (transpiration) supérieure à l'approvisionnement (par exemple, en condition chaude, lors d'un exercice à intensité élevée avec peu d'occasion d'hydratation), il sera nécessaire d'exploiter au mieux les opportunités d'ingestion de fluides avec un plan d'apport hydrique limitant l'accumulation du déficit hydrique corporel total.

Source : Burke [20].

## Se refroidir (avant et/ou pendant)

Au-delà des questions d'acclimatation, se pose également la problématique du refroidissement, dont le but est de réduire la température centrale et d'augmenter la capacité de stockage de la chaleur avant, pendant un exercice physique en conditions chaudes, voire après, mais il est alors principalement réservé au traitement de coup de chaleur. Le choix de ces stratégies de refroidissement dépend du sport pratiqué et du contexte réglementaire, ainsi que des réponses individuelles à chaque méthode proposée. Elles ont une importance particulière dans les sports d'endurance et/ou les activités limitant la possibilité d'hydratation.

Les modalités de refroidissement se déclinent en application externe systémique (immersion du corps entier en eau froide) ou locale (immersion partielle, poches de glace, vêtement réfrigérant, application ou rinçage de bouche au menthol), interne (boisson froide à 4°C ou glace pilée) ou combinée, administrée avant, pendant ou après l'effort<sup>13</sup>. Ces différentes approches peuvent avoir des effets différents : le refroidissement externe active les thermorécepteurs périphériques, tandis que le refroidissement interne active les thermorécepteurs centraux. Elles peuvent s'avérer complémentaires.

Le pré-refroidissement peut améliorer la performance sportive et la capacité d'exercice en conditions chaudes avec ou sans altération physiologique, avec de meilleurs effets lorsque le stress thermique est très élevé et la durée d'exercice importante. Typiquement, le pré-refroidissement peut nuire à la performance de sprint, mais avantage les efforts de longue durée (intermittents ou continus) avec une relation dose-réponse entre volume et durée du refroidissement et les réponses physiologiques, perceptuelles et physiques<sup>23</sup>.

Parce que les effets sont concentrés sur les premières minutes d'un exercice et qu'ils s'atténuent avec la durée d'effort, l'idée de refroidir l'organisme pendant l'exercice a pu être proposée, mais les contraintes pratiques en restreignent l'utilisation<sup>24</sup>. Ce refroidissement pendant l'effort (« *per-cooling* ») pourrait améliorer la performance sportive et la tolérance thermique, mais il reste peu étudié. Enfin, la combinaison de stratégies de refroidissement avant et pendant l'effort (« *pre+per-cooling* ») pourrait être avantageuse pour limiter les risques liés à la chaleur et améliorer les performances de haut niveau, mais ses bénéfices semblent, à ce stade, similaires aux approches isolées. En pratique amateur, ces options ne font donc pas partie des pratiques possibles. Si les athlètes de haut niveau tolèrent mieux le stress thermique que les amateurs, les recommandations restent identiques, avec des moyens matériels et humains différents, et portent alors sur l'adaptation de l'activité physique et sportive, moins intense, en modifiant les horaires et lieux de pratique.

## Recommandations pratiques

Indépendamment de l'acclimatation et des stratégies de refroidissement ou d'hydratation utilisées, un certain nombre de mesures sont à adopter lors d'épisodes caniculaires :

- éviter ou reporter tout exercice à l'extérieur, en les remplaçant par des séances en salle (à condition que l'air ambiant y soit frais). Le cas échéant, en fonction des conditions météorologiques, programmer les séances d'entraînement ou les compétitions aux heures les plus fraîches de la journée, tôt le matin ;
- éviter tout effort maximal lors des premiers jours caniculaires afin de permettre une meilleure acclimatation. Il faudra ensuite veiller à augmenter très progressivement la durée et l'intensité des exercices au cours des premiers jours d'exposition ;
- permettre un accès facile et illimité aux points d'eau et d'ombre ;
- favoriser des stratégies d'hydratation individualisées (début de pratique normo-hydraté, maintien de l'équilibre hydrique ; limitation de la perte de poids corporel <2%) et un équilibre salin (solutions contenant 0,5 à 0,7 g/L de sodium) ;
- choisir une tenue appropriée de couleur claire permettant la transpiration, si possible protégeant des UV. Pour les sports nécessitant un équipement de protection, réduire le port de certaines pièces lors des premiers entraînements en condition chaude ;
- appliquer de la crème solaire à base d'eau (indice de protection >25) ;
- augmenter les périodes de récupération (plus longues et plus fréquentes au cours d'une même séance) et planifier des périodes prolongées (3 à 6 heures) entre chaque séance d'entraînement, voire éviter de pratiquer pendant deux jours consécutifs si les nuits ne permettent pas la récupération (en particulier lorsqu'elles dépassent aussi le seuil caniculaire), en veillant à s'hydrater plus qu'habituellement, avec un apport supplémentaire en sel minéraux ;
- le pré-refroidissement peut être avantageux pour améliorer la performance sportive en condition chaude, mais son utilisation pendant l'exercice peut perturber les stratégies de gestion d'effort et/ou nuire à la capacité d'auto-détection du stress thermique. Dans tous les cas, il faut se familiariser avec les stratégies de refroidissement avant toute utilisation ;
- en compétition, veiller à ajuster la durée et l'intensité de l'échauffement pour minimiser l'augmentation de la température centrale. Si possible, coupler l'échauffement avec des stratégies de refroidissement ;
- en cas d'hyperthermie ou suspicion de coup de chaleur, refroidir très rapidement (en moins de 30 minutes) au moyen d'une éventuelle

immersion complète du corps (pour réduire la température centrale de 0,078°C par minute, la température de l'eau doit être inférieure à 20°C).

Les recommandations doivent être spécifiques et contextualisées selon les disciplines sportives. Par exemple, les mécanismes habituels de dissipation de la chaleur sont altérés par l'immersion dans l'eau lors d'épreuves de natation en eau libre qui subissent les effets du réchauffement climatique, susceptible d'augmenter le risque de stress thermique. Avec le soutien du Comité international olympique, les fédérations internationales de natation et de triathlon collaborent pour améliorer la sécurité des athlètes, grâce à des règles spécifiques de sécurité et de gestion des événements en condition chaude.

## Risques chez le sportif mais aussi chez le spectateur, le bénévole...

La plupart des événements sportifs – en particulier les Jeux Olympiques et Paralympiques – attirent un grand nombre de participants : en premier lieu les sportifs, mais aussi des officiels, des employés, des bénévoles et surtout des spectateurs (incluant des personnes âgées et des enfants aux capacités thermorégulatrices réduites) venant de régions ou de pays différents, et pas nécessairement acclimatés aux conditions environnementales du jour et du lieu de l'événement<sup>4</sup>. Leur organisation nécessite de prendre en compte les risques thermiques pour l'ensemble de ces populations<sup>25</sup>. L'hétérogénéité de ces populations en ce qui concerne l'âge, la condition physique, ou les antécédents médicaux<sup>26</sup> (outre un accès plus limité aux informations concernant les possibilités d'acclimatation ou de rafraîchissement/refroidissement) augmente les risques liés à la chaleur<sup>27</sup>. D'autant que d'autres facteurs s'ajoutent fréquemment dans ces circonstances festives : hypo-hydratation, consommation d'alcool, alimentation inhabituelle, manque de sommeil, coups de soleil, exposition longue dans des espaces bondés<sup>27</sup>... autant d'éléments limitant l'adaptation et susceptibles d'exacerber les réponses thermorégulatrices, cardiovasculaires et perceptives, augmentant ainsi le risque de développer des troubles liés à la chaleur.

Tout comme pour les athlètes, les précautions comprennent le port de vêtements amples et de couleur claire, le port d'un chapeau de protection, l'application de crème solaire, l'augmentation de la consommation de boissons rafraîchissantes non alcoolisées, la limitation de boissons chaudes (café...), la maximisation du temps passé dans des zones ombragées et fraîches. À ceci s'ajoute, pour les organisateurs, la mise à disposition d'eau gratuite pour tout événement rassemblant plus de 300 personnes<sup>27,28</sup>.

Des recommandations spécifiques aux manifestations et activités sportives organisées, prévoyant la restriction, le report ou l'annulation des activités physiques et sportives pourront être préconisées

sur la base de surveillance météorologique<sup>25</sup>. À cet effet, plusieurs fédérations internationales appliquent des politiques spécifiques pour protéger la santé des athlètes contre les dangers du stress thermique sur les sites de compétition<sup>29,30</sup>. La plupart des recommandations/décisions s'appuient sur la mesure d'un (la température de l'air) ou de plusieurs (la température de l'air et l'humidité relative...) facteurs météorologiques principaux, ou via le calcul d'indicateurs de stress thermique (le plus souvent le WBGT) pour estimer le risque de coup de chaleur ou de maladies associées<sup>30</sup>. Bien qu'utiles à ce stade, ces mesures restent limitées sans la prise en compte d'autres facteurs importants tels que la vitesse du vent, la production de chaleur métabolique ou le port de vêtements<sup>5,31-34</sup>. De plus, à l'exception de la température de l'air, historiquement relayée dans les bulletins météorologiques, qui reste un indicateur facilement compréhensible dans un contexte sportif<sup>35</sup> et peu coûteux, mais limité pour les raisons précédemment évoquées, ces indicateurs de stress thermique restent peu accessibles et compréhensibles du grand public, limitant ainsi leur utilisation dans le cadre d'une pratique sportive amateur.

L'implication des organisateurs et instances directives doit englober la prévention, la gestion et le traitement des personnes présentant des complications liées à la chaleur<sup>36</sup>. La prévention implique la mise en place de stratégies de communication et d'information sur les risques encourus (notamment via l'éducation aux indicateurs de stress thermique), les moyens pour y faire face (c'est-à-dire comment s'acclimater, s'hydrater, se refroidir)<sup>4</sup>. Outre la mesure du stress thermique, la prévision météorologique est impérative pour anticiper les pires scénarios, planifier en amont les différentes stratégies d'atténuation efficaces, et divulguer les recommandations pratiques<sup>27,37</sup>.

Enfin, des protocoles de gestion et de traitement des coups de chaleur exigent un personnel médical qualifié, équipé pour un refroidissement rapide, et en mesure de diagnostiquer l'état de santé nécessitant un transfert à l'hôpital<sup>36,38,39</sup>.

## Conclusion

En conditions chaudes, voire caniculaires, la pratique physique et sportive avec ou sans recherche de performance est compromise, au point que la santé des participants peut être mise en jeu. Si l'entraînement répond partiellement à la problématique, il ne permet pas de soustraire la pratique sportive et compétitive à une acclimatation préalable aux environnements chauds, avec des contraintes différentes selon que l'humidité soit faible ou forte. En fonction de sa durée, l'acclimatation induit des adaptations physiologiques qui peuvent améliorer le niveau de performance sportive. Le choix de stratégies d'hydratation et de refroidissement adéquates et individualisées permet d'optimiser les capacités d'adaptation, tout en limitant les risques d'hyperthermie. Indépendamment de ces mesures, des recommandations sont à adopter

pour les sportifs et pour tout autre participant, actif ou passif, à des entraînements ou des compétitions sportives (officiels, coachs, travailleurs/bénévoles et spectateurs), qui peuvent aller jusqu'à la restriction, le report ou l'annulation des activités physiques et sportives. ■

#### Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

#### Références

- [1] World Health Organization. Health and development through physical activity and sport. Geneva: WHO;2003. 19 p. <https://iris.who.int/handle/10665/67796>
- [2] Antero-Jacquemin J, Pohar-Perme M, Rey G, Toussaint JF, Latouche A. The heart of the matter: Years-saved from cardiovascular and cancer deaths in an elite athlete cohort with over a century of follow-up. *Eur J Epidemiol.* 2018;33(6):531-43.
- [3] Croutte P, Müller J, Hoibian S (dir.). Baromètre national des pratiques sportives 2018. Paris: Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Crédoc); 2019. 90 p. <https://www.credoc.fr/publications/barometre-national-des-pratiques-sportives-2018>
- [4] Racinais S, Hosokawa Y, Akama T, Bermon S, Bigard X, Casa DJ, et al. IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat. *Br J Sports Med.* 2023;57(1):8-25.
- [5] Brocherie F, Girard O, Millet GP. Emerging environmental and weather challenges in outdoor sports. *Climate.* 2015;3(3):492-521.
- [6] Périard JD, Eijsvogels TMH, Daanen HAM. Exercise under heat stress: Thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiol Rev.* 2021;101(4):1873-979.
- [7] D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, de'Donato F, Menne B, Katsouyanni K, et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: Results from the EuroHEAT project. *Environ Health.* 2010;9:37.
- [8] McCormack GR, Friedenreich C, Shiell A, Giles-Corti B, Doyle-Baker PK. Sex- and age-specific seasonal variations in physical activity among adults. *J Epidemiol Community Health.* 2010;64(11):1010-6.
- [9] Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *Lancet.* 2015;386(9991):369-75.
- [10] Haïda A, Dor F, Guillaume M, Quinquis L, Marc A, Marquet LA, et al. Environment and scheduling effects on sprint and middle distance running performances. *PLoS One.* 2013;8(11):e79548.
- [11] Girard O, Brocherie F, Bishop DJ. Sprint performance under heat stress: A review. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25 Suppl 1:79-89.
- [12] Mantzios K, Ioannou LG, Panagiotaki Z, Ziaka S, Périard JD, Racinais S, et al. Effects of weather parameters on endurance running performance: Discipline-specific analysis of 1258 races. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;54(1):153-61.
- [13] Racinais S, Casa D, Brocherie F, Ihsan M. Translating science into practice: The perspective of the Doha 2019 IAAF World Championships in the heat. *Front Sports Act Living.* 2019;1:39.
- [14] Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(3):556-72.
- [15] Dahl K, Spanger-Siegfried E, Licker R, Caldas A, Abatzoglou J, Mailoux N, et al. Killer heat in the United States – Climate choices and the future of dangerously hot days. Cambridge, USA: Union of Concerned Scientists; 2019. 52 p. <https://www.ucs.org/resources/killer-heat-united-states-0>
- [16] Mora C, Counsell CWW, Bielecki CR, Louis LV. Twenty-seven ways a heat wave can kill you: Deadly heat in the era of climate change. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* 2017;10(11):e004233.
- [17] Daanen HAM, Racinais S, Périard JD. Heat acclimation decay and re-induction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):409-30.
- [18] Racinais S, Mohr M, Buchheit M, Voss SC, Gaoua N, Grantham J, et al. Individual responses to short-term heat acclimatisation as predictors of football performance in a hot, dry environment. *Br J Sports Med.* 2012;46(11):810-5.
- [19] Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. Hypohydration and human performance: Impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Med.* 2015;45 Suppl 1:S51-60.
- [20] Burke LM. Hydration in sport and exercise. In: Heat stress in sport and exercise. Périard JD, Racinais S. Cham, Switzerland: Springer Nature; 2019. pp. 113-37.
- [21] Cheuvront SN, Kenefick RW. Dehydration: Physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol.* 2014; 4(1):257-85.
- [22] Hew-Butler T, Rosner MH, Fowkes-Godek S, Dugas JP, Hoffman MD, Lewis DP, et al. Statement of the 3rd International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *Br J Sports Med.* 2015;49(22):1432-46.
- [23] Minett GM, Duffield R, Marino FE, Portus M. Volume-dependent response of precooling for intermittent-sprint exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(9):1760-9.
- [24] Tyler CJ, Sunderland C, Cheung SS. The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: A meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015; 49(1):7-13.
- [25] Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à la gestion des nouvelles situations d'exposition aux épisodes de canicule extrême – recommandations générales. Paris: HCSP; 2021. 9 p. <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1085>
- [26] Kenney WL, Craighead DH, Alexander LM. Heat waves, aging, and human cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(10):1891-9.
- [27] Vanos JK, Kosaka E, Iida A, Yokohari M, Middel A, Scott-Fleming I, et al. Planning for spectator thermal comfort and health in the face of extreme heat: The Tokyo 2020 Olympic marathons. *Sci Total Environ.* 2019;657:904-17.
- [28] République française. Loi n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (1). JORF. 2020;(0035):5-44. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/>
- [29] Bermon S, Adami PE. Meteorological risks in Doha 2019 Athletics World Championships: Health considerations from organizers. *Front Sports Act Living.* 2019;1:58.
- [30] Bandiera D, Racinais S, Garrandes F, Adami PE, Bermon S, Pitsiladis YP, et al. Heat-related risk at Paris 2024: A proposal for classification and review of International Federations policies. *Br J Sports Med.* 2024;58(15):860-9.
- [31] Budd GM. Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)--its history and its limitations. *J Sci Med Sport.* 2008;11(1):20-32.
- [32] Brocherie F, Millet GP. Is the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index relevant for exercise in the heat? *Sports Med.* 2015;45(11):1619-21.

- [33] Chalmers S, Anderson G, Jay O. Considerations for the development of extreme heat policies in sport and exercise. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020;6(1):e000774.
- [34] Grundstein A, Vanos J. There is no 'Swiss Army Knife' of thermal indices: The importance of considering 'why?' and 'for whom?' when modelling heat stress in sport. *Br J Sports Med.* 2021;55(15):822-4.
- [35] Brocherie F, Girard O, Farooq A, Millet GP. Influence of weather, rank, and home advantage on football outcomes in the Gulf region. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(2):401-10.
- [36] Brocherie F, Mornas A, Bouten J. Maladies liées à la chaleur : conseils aux médecins et professionnels de santé. *Rev Med Suisse.* 2024;20(882):1342-8.
- [37] Mougin L, Bougault V, Racinais S, Mountjoy ML, Stephenson B, Carter S, et al. Environmental challenges facing athletes, stakeholders and spectators at Paris 2024 Olympic and Paralympic Games: An evidence-based review of mitigation strategies and recommendations. *Br J Sports Med.* 2024;58(15):870-81.
- [38] Hosokawa Y, Racinais S, Akama T, Zideman D, Budgett R, Casa DJ, et al. Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions: International Olympic Committee Adverse Weather Impact Expert Working Group for the Olympic Games Tokyo 2020. *Br J Sports Med.* 2021;55(24):1405-10.
- [39] Brocherie F, Pascal M, Lagarrigue R, Millet GP. Climate and health challenges for Paris 2024 Olympics and Paralympics. *BMJ.* 2024;384:e077925.

#### Citer cet article

Brocherie F, Racinais S, Pascal M, Verrier A, Moutet L, Lagarrigue R, et al. Focus. Chaleur et performance sportive : quels moyens pour limiter les risques encourus ? *Bull Epidemiol Hebd.* 2025;(7):93-101. [https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025\\_7\\_2.html](https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025_7_2.html)

## ➤ ARTICLE // Article

### EFFET DES CANICULES SUR LES PASSAGES AUX URGENCES POUR INSUFFISANCE RÉNALE AIGUË, DÉCOMPENSATION CARDIAQUE ET ISCHÉMIE MYOCARDIQUE EN AUVERGNE-RHÔNE-ALPES, 2015-2022

// EFFECT OF HEATWAVES ON EMERGENCY ROOM VISITS FOR ACUTE RENAL FAILURE, HEART DECOMPENSATION AND MYOCARDIAL ISCHEMIA IN AUVERGNE-RHÔNE-ALPES, 2015-2022

Noémie Rossello<sup>1,2</sup>, Mathilde Pascal<sup>3</sup>, Robin Lagarrigue<sup>3</sup>, Delphine Casamatta<sup>1</sup>, Karine Laaidi<sup>3</sup>, Thomas Bénet  
(thomas.benet@santepubliquefrance.fr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon

<sup>2</sup> Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon

<sup>3</sup> Santé publique France, Saint-Maurice

Soumis le 10.09.2024 // Date of submission: 09.10.2024

#### Résumé // Abstract

**Introduction** – Les périodes de canicule induisent une surmortalité et augmentent l'impact de certaines comorbidités. Cependant, il existe un manque de recul sur l'influence sur les passages aux urgences en dehors de quelques pathologies très spécifiques de la chaleur. L'objectif de l'étude est d'étudier l'impact de la chaleur sur les passages aux urgences pour trois syndromes morbides actuellement non surveillés en routine en France : l'insuffisance rénale aiguë, la décompensation cardiaque et l'ischémie myocardique.

**Méthodes** – La période d'étude couvre les étés (1<sup>er</sup> juin au 15 septembre) 2015 à 2022 pour les 12 départements de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Les données sanitaires ont été extraites du système de surveillance syndromique SurSaUD® (Surveillance sanitaire des urgences et des décès). Une analyse multivariée des nombres moyens de passages quotidiens en fonction des périodes de dépassement effectif de seuil canicule et des périodes de vigilance a été réalisée par régression binomiale négative.

**Résultats** – Un total de 14 060 passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, 29 841 pour décompensation cardiaque et 17 749 pour ischémie myocardique sont survenus entre 2015 et 2022 durant les périodes d'étude en Auvergne-Rhône-Alpes. Le risque de passage aux urgences pour insuffisance rénale aiguë augmente de +47% (intervalle de confiance à 95%, IC95%: [39-56]) lorsque les températures dépassent les seuils d'alerte météorologiques, indépendamment du sexe, de l'âge, du département, du jour et du mois, ou en cas de température maximale >24°C, avec un risque croissant en cas de température très élevée. Ces effets ne sont pas mis en évidence pour les passages aux urgences pour décompensation cardiaque et pour ischémie myocardique.

**Conclusion** – Le risque de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë augmente pendant les canicules et devrait inciter à mettre en place des mesures spécifiques de prévention de cette pathologie en période estivale.

**Introduction** – Heatwave periods induce excess mortality and worsen certain comorbidities. However, except for certain specific heat-related conditions, the influence on emergency room visits is not clear. The objective of this study was to analyse the impact of heat on emergency room visits for three morbid syndromes not currently included in routine monitoring in France: acute renal failure, cardiac decompensation and myocardial ischemia.

**Methods** – The study period covers the summers (1st June to 15th September) of 2015 to 2022 for the 12 geographical departments of the Auvergne-Rhône-Alpes region (southeast France). Health data were extracted from the SurSaUD® syndromic surveillance system. A multivariate analysis of the average number of daily visits was carried out using negative binomial regression applied to periods that effectively exceeded the heatwave threshold, as well as periods concerned by heat warnings.

**Results** – A total of 14,060 emergency room visits for acute renal failure, 29,841 for cardiac decompensation and 17,749 for myocardial ischemia occurred in Auvergne-Rhône-Alpes during the periods studied between 2015 and 2022. The risk of emergency room visit for acute renal failure (14,060 visits studied) increased by +47% (95% confidence interval [95%CI]: 39–56) when temperatures exceeded the meteorological alert thresholds (independently of sex, age, geographical department, day and month) or when the maximum temperature was >24°C, with an increasing risk in the event of very high temperatures. These effects were not identified in relation to emergency room visits for cardiac decompensations or myocardial ischemia.

**Conclusion** – The risk of emergency room visits for acute renal failure increases during heatwaves. This supports the implementation of specific prevention measures during the summer period.

**Mots-clés :** Chaleur, Canicule, Urgences, Morbidité, Insuffisance rénale aiguë, Surveillance

// **Keywords:** Heat, Heatwave, Emergency room, Morbidity, Acute renal failure, Surveillance

## Introduction

Depuis quelques années, les étés sont marqués en France par un décalage de la distribution des températures vers des valeurs plus élevées. La chaleur induit une surmortalité<sup>1</sup> et un sur-risque de certaines maladies notamment cardiaques, respiratoires et rénales<sup>2</sup>. Ces effets sont particulièrement importants lors des vagues de chaleur ou canicules, lorsque les températures demeurent élevées plusieurs jours d'affilée<sup>3</sup>. De plus, sous l'effet du changement climatique, les canicules sont désormais plus fréquentes, plus longues et plus intenses. Les vagues de chaleur sont des événements extrêmes associés à un impact important quant aux décès en France hexagonale. Entre 2014 et 2022, plus de 32 000 décès sont attribuables à la chaleur durant tout l'été, dont plus de 9 000 pendant les vagues de chaleur. Par ailleurs, l'impact sur le recours aux soins est important<sup>4</sup> : pendant l'été 2022, plus de 20 000 passages aux urgences ont été observés pour des causes spécifiques de la chaleur (hyperthermie, déshydratation, hyponatrémie)<sup>5</sup>.

Chaque année, du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre, Santé publique France surveille les données sanitaires de recours aux soins d'urgence et de mortalité, afin d'évaluer l'impact de ces épisodes caniculaires et d'appuyer la mise en place de mesures d'adaptation. La surveillance des recours aux soins d'urgence s'effectue notamment par l'indicateur iCanicule regroupant les diagnostics d'hyperthermie, de déshydratation et d'hyponatrémie<sup>6,7</sup>. Durant l'été, et particulièrement pendant les canicules, le nombre de passages aux urgences pour ces diagnostics augmente et aboutit à une hospitalisation dans plus de 50% des cas en Auvergne-Rhône-Alpes<sup>5</sup>. Cette surveillance est activée durant les périodes de vigilance canicule orange

ou rouge déclenchée par Météo-France<sup>8</sup>, afin de mettre en place des mesures rapides de prévention et de gestion de l'événement.

Au niveau national et régional, seul cet indicateur iCanicule est surveillé en routine car il est à la fois spécifique de la chaleur, sensible, et réactif. Cependant, dans la littérature, il a été montré que d'autres pathologies morbides augmentent avec la chaleur<sup>2</sup>. Il s'agit notamment de l'insuffisance rénale aiguë, pour laquelle une augmentation des passages aux urgences a été constatée durant les canicules aux États-Unis<sup>9-11</sup>. Cette pathologie pourrait être pertinente à surveiller à des fins d'alerte, du fait du risque de lésions rénales provoquées par le stress thermique<sup>12</sup>, d'entrée par la suite en maladie rénale chronique et d'hospitalisations<sup>13</sup>. Le risque de décès pour pathologies cardiovasculaires serait également impacté par la chaleur<sup>14</sup>. Cependant, concernant le lien entre chaleur et passages aux urgences pour maladies cardiovasculaires, les résultats des études diffèrent. Certaines études ont montré un risque d'hospitalisation plus faible<sup>10</sup>, tandis que d'autres montraient une légère augmentation chez les plus âgés<sup>15</sup>. En France, une étude sur l'influence de la chaleur sur les recours aux soins d'urgence a été effectuée pour les étés 2015 à 2017, mais les indicateurs précédents (insuffisance rénale ou atteinte cardiaque aiguë) que nous souhaitions étudier n'étaient pas mentionnés<sup>16</sup>.

L'objectif principal est d'analyser, sur la période 2015-2022 en Auvergne-Rhône-Alpes, l'impact des dépassements des seuils canicule sur les passages aux urgences pour les trois syndromes morbides suivants : insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique. L'objectif secondaire est d'étudier l'association entre les niveaux de vigilance canicule et les passages aux urgences pour ces mêmes syndromes.

## Matériel et méthodes

### Source de données, population

Une étude observationnelle a été menée à partir des données prospectivement collectées par le système de surveillance syndromique SurSaUD® (Surveillance sanitaire des urgences et des décès), sur la période du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre des années 2015 à 2022. Le territoire étudié correspondait à la région Auvergne-Rhône-Alpes (ARA). L'analyse a été déclinée pour les 12 départements de la région. Les données sanitaires quotidiennes des passages aux urgences ont été extraites du système SurSaUD®<sup>17</sup>. En ARA, en 2022, SurSaUD® couvre la totalité des 84 structures d'urgences de la région<sup>(1)</sup> avec plus de 2,3 millions de passages aux urgences codés par an.

Les données individuelles des passages avec diagnostics codés ont été extraits par année, puis agrégées par jour, département, sexe et classe d'âge (pour analyse multivariée : <60 ans, 60-69 ans, 70-79 ans, 80-89 ans, ≥90 ans, pour analyses stratifiées : <65 ans, ≥65 ans) ; tous les passages ont été comptés, sans dédoublonnage par patient. Les effectifs de population issus du recensement de 2020 par département, classe d'âge et sexe ont été obtenus auprès de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee).

### Définition des syndromes

L'ensemble des codes de la Classification internationale des maladies, 10<sup>e</sup> révision (CIM-10) d'insuffisance rénale aiguë (N17, N19) ont été sélectionnés suite à une analyse de la littérature et une analyse de la CIM-10<sup>11</sup>. L'insuffisance rénale aiguë étant définie selon les KDIGO (*Kidney Disease Improving Global Outcome*) comme une augmentation de la créatinine ou une diminution de la diurèse<sup>18</sup>. Les codes de décompensation cardiaque (I50, J81) et ischémie myocardique (I20-I25) correspondaient aux codes listés dans les regroupements syndromiques préexistants dans le système SurSaUD®, et déjà validés par ailleurs<sup>19</sup>.

### Données météorologiques

Les données météorologiques ont été obtenues auprès des services de Météo-France. Elles correspondaient aux températures minimales et maximales quotidiennes en degrés Celsius (°C) observées dans les stations de référence de chaque département, aux périodes effectives de dépassement de seuil canicule pour les étés 2015 à 2022, ainsi qu'aux périodes de vigilance annoncées pour les étés 2019 à 2022 (période de disponibilité de ces données à l'époque). Des catégories de température maximale ont été créées pour analyser l'effet de la température selon la répartition des températures maximales (25<sup>e</sup>, 50<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentile). Le dépassement effectif de seuil canicule était défini par département à partir des indicateurs biométéorologiques (IBM) du système d'alerte canicule et santé (Sacs)<sup>20</sup>.

Un seuil avait été défini pour chaque département en étudiant – sur 30 ans de données précédant le début du système d'alerte – la surmortalité par rapport aux IBM minimaux et maximaux, correspondant à la moyenne sur trois jours des températures minimales ou maximales, selon une méthodologie décrite par ailleurs<sup>8</sup>. Ce seuil correspond à un doublement de la mortalité, en l'absence des mesures de prévention ou de gestion. Le classement de chaque jour en vigilance canicule (gravité croissante des niveaux vert, jaune, orange ou rouge selon les prévisions météorologiques) a également été obtenu auprès de Météo-France<sup>6</sup>. En appliquant les critères du système d'alerte canicule et santé aux températures minimales et maximales observées (confrontation des moyennes glissantes sur trois jours à des seuils départementaux), les périodes effectives de canicule ont été identifiées.

Ceci permet d'analyser trois indicateurs différents et complémentaires :

- l'exposition à la température maximale, sans notion de durée (catégories de Tmax) ;
- l'exposition à une chaleur très intense et durant au moins trois jours et trois nuits (indicateurs canicules) ;
- l'exposition à une chaleur a priori très intense à travers l'indicateur de niveau de vigilance.

### Analyses statistiques

Les variables continues ont été décrites selon leur moyenne et écart-type. Le critère de jugement principal était le nombre quotidien de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique par département, selon la période en lien avec la canicule. Les périodes étudiées étaient définies selon :

- 1) le dépassement effectif des seuils de canicule (période 2015-2022 : pas de dépassement des seuils [référence], période stricte de dépassement des seuils, 3 jours suivant la fin de dépassement de seuil) ;
- 2) la température maximale quotidienne en °C (période 2015-2022 : <24, 24-28, 28-31, 31-34, >34°C ; définis selon les valeurs estivales observées, afin de discrétiser au mieux la température) ;
- 3) le niveau de vigilance annoncé (période 2019-2022 : pas de vigilance canicule, vigilance jaune, vigilance orange, J+3 post-vigilance orange).

Pour l'analyse du critère de jugement principal, les ratios d'incidence ont été calculés en utilisant une régression binomiale négative, les données étant surdispersées. Un modèle univarié a été réalisé ainsi qu'un modèle multivarié ajusté sur le sexe, l'âge, le jour de la semaine et le mois. Pour les deux modèles, la population départementale a été ajoutée en offset. Tous les tests étaient bilatéraux, le seuil de significativité retenu était de 0,05. Les analyses ont été effectuées via le logiciel Stata® version 16.0 (Stata corp LP).

<sup>(1)</sup> [https://carto.atlasante.fr/1/metropole\\_med\\_urgences.map](https://carto.atlasante.fr/1/metropole_med_urgences.map)

Toutes les analyses étant issues de données de routine d'une base de données autorisée par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil ; délibération n° 2014-439 du 23 octobre 2014) et agréées, aucune autorisation éthique complémentaire n'était nécessaire.

## Résultats

### Description des températures et périodes de canicule

Entre 2015 et 2022, les départements d'ARA ont été concernés par de nombreuses vigilances canicule jaune ou orange et dépassements effectifs de seuil d'alerte, sans vigilance canicule rouge sur la période. Le nombre maximal de jours en vigilance orange est observé en 2022, notamment pour les départements de la Drôme, de l'Ardèche et de l'Isère (respectivement 26, 25 et 19 jours). Les nombres les plus importants de jours de dépassement effectif des seuils étaient observés en 2022 pour les départements de l'Isère et de la Drôme (respectivement 34 et 26 jours) et en 2015 pour le département du Rhône (25 jours). Durant l'ensemble de l'étude, la température maximale quotidienne moyenne (Tmax) était de 27,7°C (minimum : 12,0°C ; maximum 41,4°C). Durant les périodes de dépassement de seuil canicule, la Tmax moyenne était de 35,0°C (minimum : 25,2°C ; maximum 41,1°C). Durant les vigilances oranges la Tmax moyenne était de 35,1°C (minimum : 26,7°C ;

maximum 41,4°C). À titre d'illustration, la figure 1 présente les températures minimales et maximales quotidiennes, périodes de dépassement de seuil canicule et de vigilance pour les trois départements de la Drôme, de l'Isère et du Rhône.

### Description des passages aux urgences pour les pathologies retenues

Sur la période d'étude, 14 060 passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, 29 841 pour décompensation cardiaque et 17 749 pour ischémie myocardique ont été notifiés. Hors période de vigilance canicule et hors dépassement des seuils, les nombres moyens quotidiens de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë et pour ischémie myocardique par département étaient respectivement de 1,42 et 1,29 (taux moyen quotidien de 0,21 et 0,24 passages quotidiens pour 100 000 habitants, respectivement).

La moyenne quotidienne par département des passages pour insuffisance rénale aiguë dépasse 2 lorsque la vigilance jaune ou orange est activée ou lorsque les seuils sont effectivement dépassés (taux moyen de passages compris entre 0,29 et 0,32 pour 100 000 habitants). Le nombre moyen de passages pour insuffisance rénale aiguë augmente avec la température maximale quotidienne (tableau 1). Cette tendance n'est pas observée pour les passages pour décompensation cardiaque ou ischémie myocardique.

Tableau 1

### Description des passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique en fonction du dépassement effectif du seuil des indices biométéorologiques et des températures maximales (2015-2022), et du niveau de vigilance annoncé (2019-2022), Auvergne-Rhône-Alpes

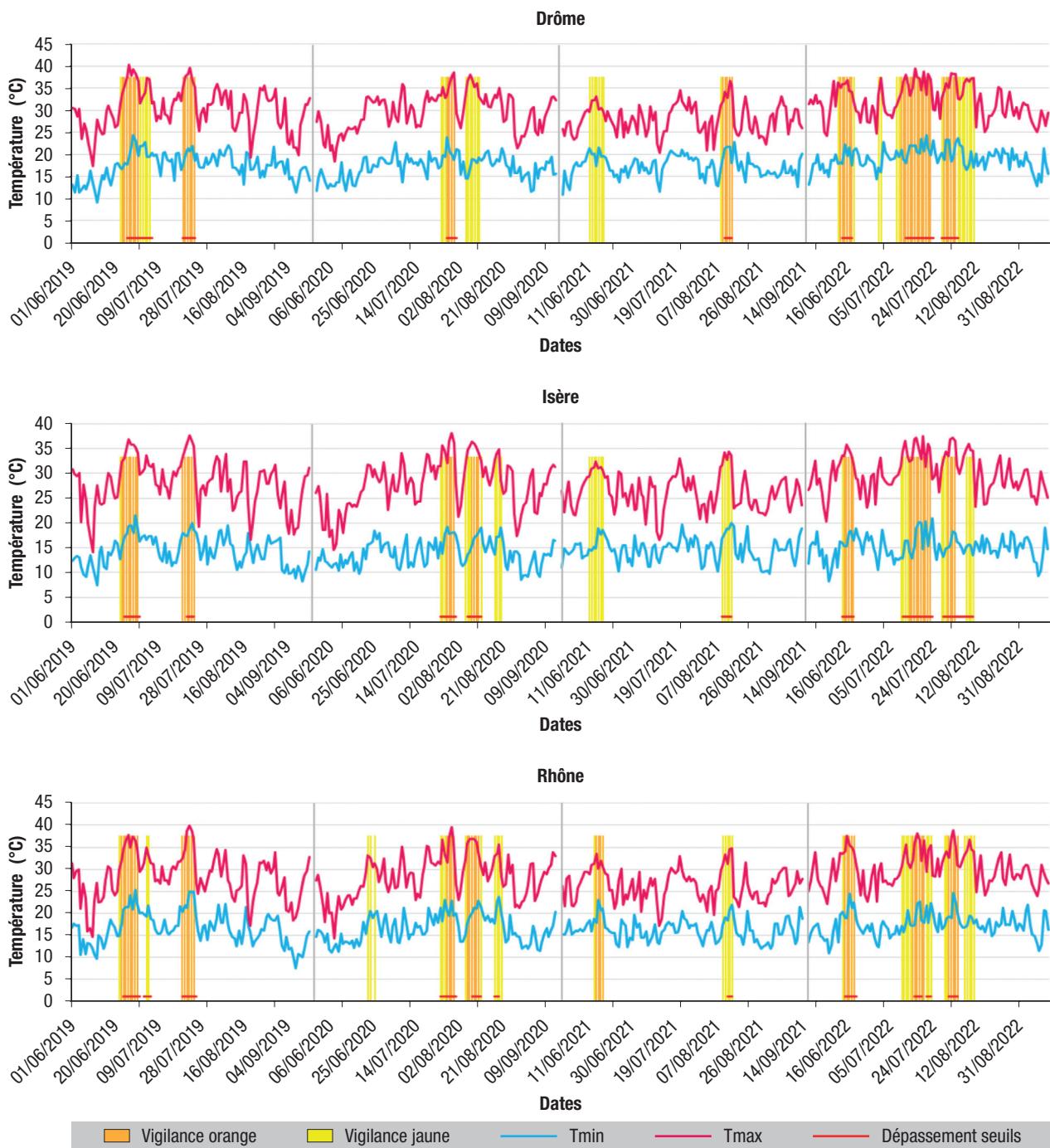
Niveau de canicule ou de vigilance	Insuffisance rénale aiguë (n=14 060)		Décompensation cardiaque (n=29 841)		Ischémie myocardique (n=17 749)	
	Nombre quotidien de passages par dép., (± écart-type)	Taux quotidien de passages par dép., /100 000 hab. (± écart-type)	Nombre quotidien de passages par dép., (± écart-type)	Taux quotidien de passages par dép., /100 000 hab. (± écart-type)	Nombre quotidien de passages par dép., (± écart-type)	Taux quotidien de passages par dép., /100 000 hab. (± écart-type)
<b>Dépassement effectif des seuils (2015-2022)</b>						
Pas de dépassement	1,29 (± 1,74)	0,21 (± 0,27)	2,88 (± 2,83)	0,53 (± 0,45)	1,71 (± 1,92)	0,32 (± 0,36)
Dépassement	2,46 (± 2,61)	0,31 (± 0,30)	3,29 (± 2,99)	0,47 (± 0,36)	1,93 (± 1,88)	0,30 (± 0,32)
Dépassement + 3 jours	2,28 (± 2,55)	0,29 (± 0,29)	3,25 (± 3,02)	0,47 (± 0,38)	1,92 (± 1,91)	0,30 (± 0,32)
<b>Température maximale quotidienne (2015-2022)</b>						
<24°C	1,01 (± 1,53)	0,18 (± 0,26)	2,51 (± 2,78)	0,50 (± 0,49)	1,55 (± 1,96)	0,31 (± 0,39)
24-28°C	1,31 (± 1,71)	0,21 (± 0,26)	2,99 (± 2,94)	0,53 (± 0,46)	1,73 (± 1,90)	0,32 (± 0,36)
28-31°C	1,40 (± 1,81)	0,22 (± 0,27)	3,02 (± 2,84)	0,53 (± 0,43)	1,82 (± 1,91)	0,33 (± 0,34)
31-34°C	1,65 (± 2,05)	0,25 (± 0,29)	3,12 (± 2,85)	0,54 (± 0,44)	1,81 (± 1,90)	0,31 (± 0,33)
>34°C	1,86 (± 2,21)	0,28 (± 0,30)	3,04 (± 2,74)	0,52 (± 0,40)	1,80 (± 1,89)	0,32 (± 0,34)
<b>Niveau de vigilance annoncé (2019-2022)</b>						
Pas de vigilance canicule	1,42 (± 1,82)	0,24 (± 0,28)	3,03 (± 2,88)	0,57 (± 0,47)	1,82 (± 1,96)	0,34 (± 0,37)
Vigilance jaune	2,09 (± 2,36)	0,32 (± 0,36)	3,36 (± 2,89)	0,56 (± 0,40)	1,93 (± 1,82)	0,34 (± 0,34)
Vigilance orange	2,21 (± 2,56)	0,32 (± 0,31)	3,10 (± 2,81)	0,55 (± 0,44)	1,79 (± 1,78)	0,33 (± 0,36)
J+3 post vigilance orange	2,02 (± 2,32)	0,31 (± 0,31)	3,08 (± 2,83)	0,55 (± 0,42)	1,83 (± 1,79)	0,34 (± 0,34)

dép. : département ; hab. : habitants.

Source : SurSaUD®.

Figure 1

**Températures minimales et maximales, périodes de dépassements de seuil canicule et de vigilance jaune et orange, étés 2019 à 2022, départements de la Drôme, de l'Isère et du Rhône**



Note : sur la période de surveillance, du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre, 2019 à 2022.  
Source : Météo-France.

### Chaleur et passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë

Après analyse univariée, une augmentation du risque de passage aux urgences pour insuffisance rénale aiguë est retrouvée lorsque les seuils de vigilance sont dépassés ou la température maximale augmente (tableau 2). Après analyse multivariée, ces associations sont retrouvées, indépendamment du sexe, de l'âge, du département, du jour et du mois.

Cette augmentation significative du risque est retrouvée également en période de vigilance jaune avec une augmentation du risque de +33% (intervalle de confiance à 95%, IC95%: [22-45]), en vigilance orange avec une augmentation du risque de +42% [32-53] et dans les 3 jours suivant la fin de vigilance orange (J+3) avec une augmentation du risque de +32% [20-46]. Un effet dose lié à la température est observé, pour tous les niveaux étudiés. Le sur-risque est plus marqué pour les personnes de 65 ans et plus par rapport à celles de moins de 65 ans (figure 2).

Tableau 2

**Modélisation du sur-risque de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique en fonction du dépassement effectif du seuil canicule et des températures maximales (2015-2022), et du niveau de vigilance annoncé (2019-2022), Auvergne-Rhône-Alpes**

Niveau de canicule ou de vigilance	Insuffisance rénale aiguë		Décompensation cardiaque		Ischémie myocardique	
	Ratio d'incidence brut [IC95%]	Ratio d'incidence ajusté [IC95%]	Ratio d'incidence brut [IC95%]	Ratio d'incidence ajusté [IC95%]	Ratio d'incidence brut [IC95%]	Ratio d'incidence ajusté [IC95%]
<b>Dépassement effectif des seuils (2015-2022)</b>						
Pas de dépassement (réf.)	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -
Dépassement	<b>1,81</b> [1,65-1,98]	<b>1,47</b> [1,39-1,56]	0,98 [0,90-1,07]	<b>0,92</b> [0,88-0,97]	0,92 [0,85-1,00]	<b>0,91</b> [0,85-0,96]
J+3 suivant dépassement	<b>1,73</b> [1,61-1,87]	<b>1,40</b> [1,36-1,49]	0,96 [0,89-1,03]	<b>0,92</b> [0,89-0,96]	0,94 [0,88-1,00]	<b>0,91</b> [0,87-0,96]
<b>Température maximale quotidienne (2015-2022)</b>						
<24°C (réf.)	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -
24-28°C	<b>1,23</b> [1,14-1,34]	<b>1,13</b> [1,07-1,19]	<b>1,17</b> [1,10-1,24]	<b>1,07</b> [1,04-1,11]	1,02 [0,96-1,09]	0,99 [0,95-1,05]
28-31°C	<b>1,34</b> [1,24-1,46]	<b>1,19</b> [1,13-1,27]	<b>1,16</b> [1,08-1,23]	<b>1,08</b> [1,04-1,13]	1,06 [1,00-1,13]	1,05 [1,00-1,10]
31-34°C	<b>1,57</b> [1,44-1,71]	<b>1,33</b> [1,25-1,41]	<b>1,19</b> [1,10-1,27]	<b>1,07</b> [1,03-1,12]	1,01 [0,95-1,09]	0,99 [0,94-1,05]
>34°C	<b>1,83</b> [1,66-2,01]	<b>1,47</b> [1,37-1,57]	<b>1,14</b> [1,05-1,23]	1,03 [0,98-1,08]	0,99 [0,91-1,07]	0,99 [0,93-1,05]
<b>Niveau de vigilance annoncé (2019-2022)</b>						
Pas de vigilance canicule (réf.)	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -	- 1 -
Vigilance jaune	<b>1,5</b> [1,30-1,72]	<b>1,33</b> [1,22-1,45]	1,06 [0,94-1,21]	1,02 [0,96-1,10]	1,00 [0,88-1,13]	0,98 [0,89-1,08]
Vigilance orange	<b>1,66</b> [1,48-1,86]	<b>1,42</b> [1,32-1,53]	0,98 [0,88-1,09]	0,94 [0,89-1,00]	<b>0,87</b> [0,78-0,97]	<b>0,91</b> [0,84-0,99]
J+3 post vigilance orange	<b>1,58</b> [1,35-1,85]	<b>1,32</b> [1,20-1,46]	0,98 [0,85-1,14]	0,97 [0,90-1,05]	0,96 [0,83-1,11]	0,96 [0,87-1,07]

réf. : référence ; IC95% : intervalle de confiance à 95%.

Note : modèles uni- et multivariés (ajustés sur le sexe, l'âge, le jour, le mois et le département) avec population départementale en données de comptage, régression binomiale négative. Les résultats statistiquement significatifs apparaissent en gras.

Source : SurSaUD®.

### Passages aux urgences pour décompensation cardiaque et ischémie myocardique

Après analyse multivariée, le risque de passage aux urgences pour décompensation cardiaque diminue marginalement en cas de dépassement de seuil canicule, de -8% [-12 ; -3] (tableau 2). Lorsque la température dépasse la température maximale de 24°C, le risque de passages aux urgences pour décompensation cardiaque augmente marginalement, de +7 à +8%. Aucune association n'est retrouvée pour le niveau de vigilance. Après analyse multivariée, le risque de passage aux urgences pour ischémie myocardique diminue marginalement, de -9% [-15 ; -4] lorsque les températures dépassent les seuils effectifs d'alerte. Lorsque le niveau de vigilance est orange, le risque diminue également de 9%. Aucun effet n'est retrouvé pour la température maximale.

### Discussion

L'objectif de cette étude est d'analyser, sur la période 2015-2022 en Auvergne-Rhône-Alpes, l'impact des canicules sur les passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique. Il est retrouvé que le risque de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë augmente en cas de température maximale élevée (avec un effet dose) et de dépassement de seuil canicule. Ces augmentations

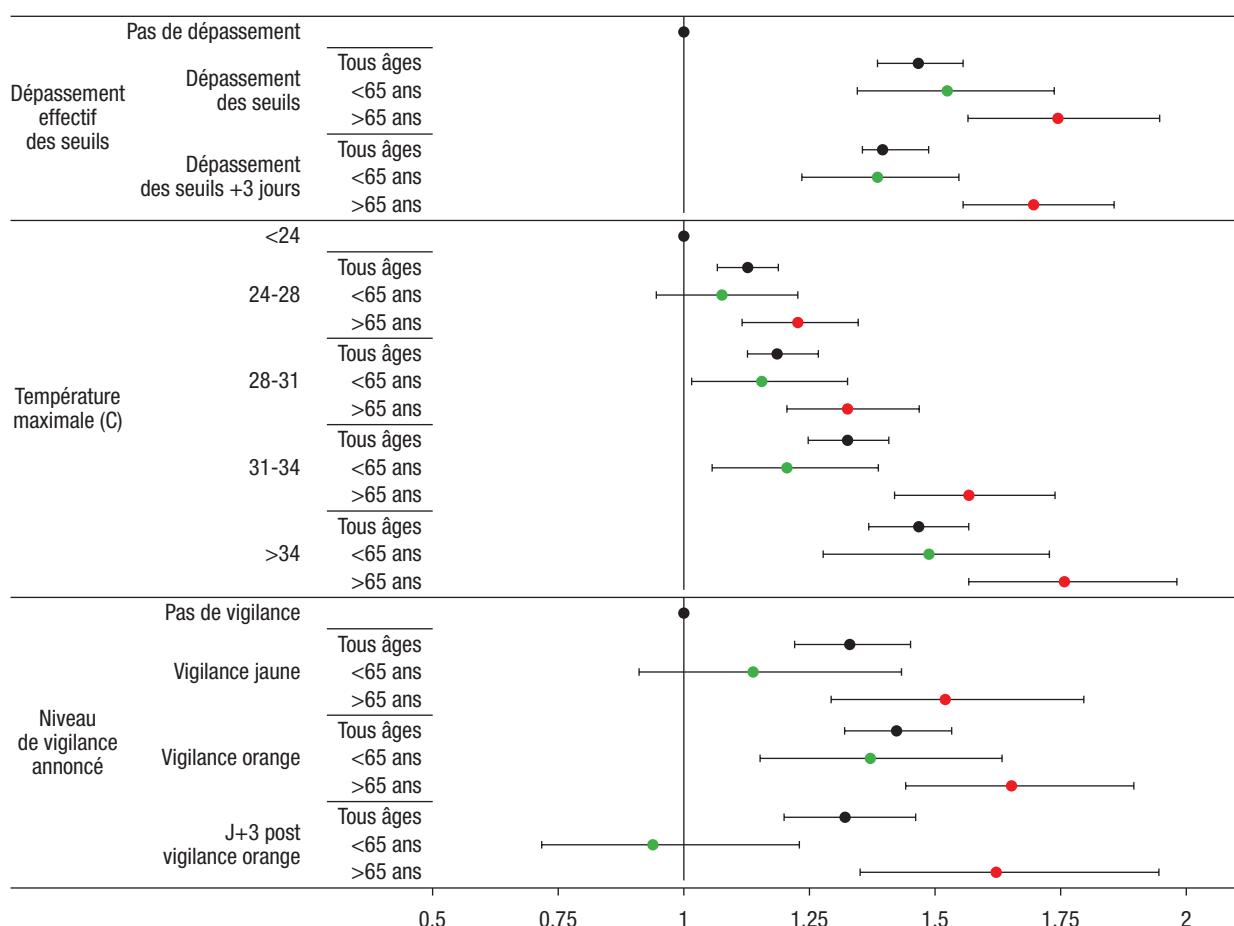
se retrouvent également pendant les jours de vigilance jaune et orange. Concernant le lien entre chaleur et insuffisance rénale aiguë, des éléments de causalité sont mis en évidence dans la littérature, avec une association positive<sup>11</sup>. Nos résultats sont cohérents avec ceux-ci. De plus, une relation exposition-risque entre augmentation de la température et risque de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë est retrouvée. Il existe une plausibilité biologique avec une explication physiologique au phénomène observée par le biais de la déshydratation et de l'hypovolémie<sup>12</sup>.

À l'inverse, le lien entre chaleur et passages aux urgences pour maladies cardiovasculaires n'est pas mis en évidence<sup>21</sup>. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'effet de la prévention, mais ces résultats restent à valider et interpréter avec prudence car les patients peuvent aussi décéder avant leur passage aux urgences. Dans la littérature, les données sont également discordantes, ou non concluantes, sur l'association entre chaleur et maladies cardiovasculaires<sup>10,15</sup>.

Les forces de cette étude sont une analyse sur une période étendue, des données exhaustives provenant d'un outil de surveillance validé et analysant des pathologies sévères nécessitant fréquemment un passage aux urgences, ainsi qu'une utilisation à la fois des vigilances annoncées et des températures effectives. Les effectifs de chaque pathologie

Figure 2

**Modélisation du sur-risque de passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, par catégorie d'âge, en fonction du dépassement effectif du seuil canicule et des températures maximales (2015-2022), et du niveau de vigilance annoncé (2019-2022), tous âges, pour les moins de 65 ans et 65 ans ou plus, Auvergne-Rhône-Alpes**



Note : après régressions binomiales multivariées (ajustées sur le sexe, l'âge, le jour, le mois et le département) avec population départementale en données de comptage, régression binomiale négative. Les barres indiquent les intervalles de confiance à 95% des estimations.

Source : SurSaUD®.

sont conséquents, ce qui renforce la représentativité des résultats. Néanmoins, cela suppose un codage exhaustif et précis, là où des erreurs pourraient exister notamment entre les ischémies myocardiques et la décompensation cardiaque<sup>22</sup>. De plus, une sous-estimation de l'association entre chaleur et ischémie myocardique ou insuffisance cardiaque est possible si les recours sont préférentiellement en dehors des services d'urgence (biais de classement non différentiel de la maladie). Cependant, nos résultats sont concordants avec des études menées dans d'autres pays sur les mêmes syndromes<sup>11</sup>. De plus, la répartition du mode de prise en charge (urgences vs unités de soins intensifs cardiologiques) est a priori assez stable au cours du temps, notamment sur des intervalles de temps courts. Aussi, une comparaison des effets court terme expose à des biais de classification stables au cours des périodes, limitant le risque de conclure à tort.

L'étude basée sur la région Auvergne-Rhône-Alpes permet une certaine représentativité à l'échelon national : la région est la deuxième en France en termes de population et le territoire est varié, avec à la fois une large part de population urbaine et de

nombreux territoires ruraux. La variété de reliefs, incluant des massifs montagneux ainsi que des plaines, offre une mosaïque de climats représentant les spécificités retrouvées à l'échelon national<sup>23</sup>. Elle est marquée par des périodes de canicule intenses et fréquentes. Ainsi, les départements de l'Isère et de la Drôme représentaient les deux départements les plus impactés en France hexagonale par des dépassements des seuils de température.

Une limite de cette étude peut être le fait de présenter les taux pour 100 000 habitants et non les taux pour 1 000 passages aux urgences. Cependant, l'analyse a aussi été effectuée en utilisant les taux de passages aux urgences et cela ne modifiait pas les conclusions (résultats non montrés). Les années 2020 et 2021, impactées par la crise sanitaire liée à la Covid-19, n'ont pas été exclues de l'analyse. Néanmoins, le nombre de passages total et pour les pathologies sélectionnées ne variaient pas particulièrement sur la période sélectionnée. Enfin, notre étude n'a pas exploré la dynamique (délai) du processus physiologique lié à la chaleur en fonction du syndrome, alors qu'il peut y avoir un délai entre l'exposition à la chaleur et certains symptômes<sup>24</sup>. Cependant,

l'ajout d'une période de 3 jours suivant la fin de dépassement de seuil ou d'alerte peut approcher l'impact de ce délai. Par ailleurs, d'autres phénomènes environnementaux non pris en compte peuvent influencer le recours aux soins d'urgence pour certaines pathologies, notamment la pollution à l'ozone qui favoriserait les événements cardiovasculaires<sup>25</sup>.

En conclusion, une augmentation marquée des passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë pendant les périodes de canicule est retrouvée en Auvergne-Rhône-Alpes. En raison des limites inhérentes à l'étude, il est difficile de conclure à l'absence d'impact de ces épisodes sur une augmentation des passages aux urgences pour décompensation cardiaque et ischémie myocardique. Ceci pourrait inciter à tester une extension de la surveillance épidémiologique de l'impact de la chaleur aux passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë à des fins d'alerte<sup>26</sup>, ainsi qu'à mener une étude spécifique sur les pathologies cardiaques incluant l'ensemble des filières de prise en charge urgente. ■

### Remerciements

Nous remercions Guillaume Boulanger (Direction Santé Environnement Travail, Santé publique France), Didier Che et Guillaume Spaccaferri (Direction des régions, Santé publique France) pour leur relecture du manuscrit.

### Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

### Références

- [1] Ballester J, Quijal-Zamorano M, Méndez Turrubiates RF, Pegenaut F, Herrmann FR, Robine JM, et al. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. Nat Med. 2023;29(7):1857-66.
- [2] Bell ML, Gasparrini A, Benjamin GC. Climate change, extreme heat, and health. N Engl J Med. 2024;390(19):1793-801.
- [3] Santé publique France. Canicule et santé. Bulletin de santé publique, bilan de l'été 2023. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024. 13 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/canicule-et-sante.-bulletin-de-sante-publique-bilan-de-l-ete-2023>
- [4] Pascal M, Wagner V, Lagarrigue R, Casamatta D, Pouey J, Vincent N, et al. Estimation de la fraction de la mortalité attribuable à l'exposition de la population générale à la chaleur en France métropolitaine – Application à la période de surveillance estivale (1<sup>er</sup> juin-15 septembre) 2014-2022. Saint-Maurice: Santé publique France; 2023. 36 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/import/estimation-de-la-fraction-de-la-mortalite-attribuable-a-l-exposition-de-la-population-generale-a-la-chaleur-en-france-metropolitaine.-application-a>
- [5] Santé publique France. Bulletin de santé publique canicule en Auvergne-Rhône-Alpes. Bilan été 2022. Saint-Maurice: Santé publique France; 2022. 12 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/auvergne-rhone-alpes/documents/bulletin-regional/2022/bulletin-de-sante-publique-canicule-en-auvergne-rhone-alpes.-bilan-ete-2022>
- [6] Santé publique France. Fortes chaleurs, canicule. 2025. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule>
- [7] République française. Instruction interministérielle N° DGS/VSS2/DGOS/DGCS/DGT/DGSCGC/DGEC/DJEPVA/DS/DGESCO/DIHAL/2023/64 du 12 juin 2023 relative à la gestion sanitaire des vagues de chaleur en France métropolitaine. 2023. 20 p. [https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/instruction\\_vague\\_de\\_chaleur\\_2024\\_70.pdf](https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/instruction_vague_de_chaleur_2024_70.pdf)
- [8] Laaidi K, Ung A, Wagner V, Beaudeau P, Pascal M. Système d'alerte canicule et santé : principes, fondements et évaluation. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 19 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/systeme-d-alerte-canicule-et-sante-principes-fondements-et-evaluation>
- [9] Cour des comptes. La protection de la santé des personnes vulnérables face aux vagues de chaleur. In: Cour des comptes. Le rapport public annuel 2024. Volume 2. Paris: Cour des comptes; 2024. pp. 149-82. <https://www.ccomptes.fr/fr/documents/68857>
- [10] Bobb JF, Obermeyer Z, Wang Y, Dominici F. Cause-specific risk of hospital admission related to extreme heat in older adults. JAMA. 2014;312(24):2659-67.
- [11] Sun S, Weinberger KR, Nori-Sarma A, Spangler KR, Sun Y, Dominici F, et al. Ambient heat and risks of emergency department visits among adults in the United States: Time stratified case crossover study. BMJ. 2021;375:e065653.
- [12] Chapman CL, Johnson BD, Parker MD, Hostler D, Pryor RR, Schlader Z. Kidney physiology and pathophysiology during heat stress and the modification by exercise, dehydration, heat acclimation and aging. Temperature. 2020;8(2):108-59.
- [13] Sorensen C, Garcia-Trabanino R. A new era of climate medicine – Addressing heat-triggered renal disease. N Engl J Med. 2019;381(8):693-6.
- [14] Alahmad B, Khrishah H, Royé D, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Papatheodorou SI, et al. Associations between extreme temperatures and cardiovascular cause-specific mortality: Results from 27 countries. Circulation. 2023;147(1):35-46.
- [15] van Loenhout JAF, Delbiso TD, Kiriliouk A, Rodriguez-Llanes JM, Segers J, Guha-Sapir D. Heat and emergency room admissions in the Netherlands. BMC Public Health. 2018; 18(1):108.
- [16] Atiki A, Pascal M, Wagner V. Influence de la chaleur sur quelques causes de recours aux soins d'urgences en France métropolitaine durant les étés 2015-2017. Bull Epidemiol Hebd. 2018;(1):9-14. [https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/1/2019\\_1\\_2.html](https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2019/1/2019_1_2.html)
- [17] Santé publique France. Surveillance syndromique – SURSAUD®. 2024. <https://www.santepubliquefrance.fr/surveillance-syndromique-sursaud-R>
- [18] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. Nephron Clin Pract. 2012;120(4):c179-84.
- [19] Thiam MM, Simac L, Fougère E, Forgeot C, Meurice L, Naud J, et al. Expert consultation using the on-line Delphi method for the revision of syndromic groups compiled from emergency data (SOS Médecins and OSCOUR®) in France. BMC Public Health. 2022;22(1):1791.
- [20] Santé publique France. Canicule : dispositif d'alerte et de surveillance et dispositif de prévention de Santé publique France. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024. 10 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/import/canicule-dispositif-d-alerte-et-de-surveillance-et-dispositif-de-prevention-de-sante-publique-france>
- [21] Barry H, Iglesias-Grau J, Chaseling GK, Paul J, Gosselin C, D'Oliviera-Sousa C, et al. The effect of heat exposure on myocardial blood flow and cardiovascular function. Ann Intern Med. 2024;177(7):901-10.

- [22] Harjola VP, Parissis J, Bauersachs J, Brunner-La Rocca HP, Bueno H, Celutkiené J, et al. Acute coronary syndromes and acute heart failure: A diagnostic dilemma and high-risk combination. A statement from the Acute Heart Failure Committee of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. Eur J Heart Fail. 2020;22(8), 1298-314.
- [23] Observatoire régional climat air énergie Auvergne-Rhône-Alpes (Orcae). Impacts du changement climatique. 2025. <https://www.orcae-auvergne-rhone-alpes.fr/analyses-thematiques/climat/impacts-du-changement-climatique>
- [24] Cheng BJ, Li H, Meng K, Li TL, Meng XC, Wang J, et al. Short-term effects of heatwaves on clinical and subclinical cardiovascular indicators in Chinese adults: A distributed lag analysis. Environ Int. 2024;183:108358.
- [25] Jiang Y, Huang J, Li G, Wang W, Wang K, Wang J, et al. Ozone pollution and hospital admissions for cardiovascular events. Eur Heart J. 2023;44(18):1622-32.
- [26] Johnson RJ, Sánchez-Lozada LG, Newman LS, Lanaspa MA, Diaz HF, Lemery J, et al. Climate change and the kidney. Ann Nutr Metab. 2019;74Suppl3:38-44.

**Citer cet article**

Rossello N, Pascal M, Lagarrigue R, Casamatta D, Laaidi K, Bénet T. Effet des canicules sur les passages aux urgences pour insuffisance rénale aiguë, décompensation cardiaque et ischémie myocardique en Auvergne-Rhône-Alpes, 2015-2022. Bull Epidemiol Hebd. 2025;(7):101-9. [https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025\\_7\\_3.html](https://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2025/7/2025_7_3.html)