

[19] Leon LR, Bouchama A. Heat stroke. *Compr Physiol*. 2015;5(2):611-47.

[20] Mitchell KM, Chevront 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 pillée), 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, coaches, 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, antidépresseurs, 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

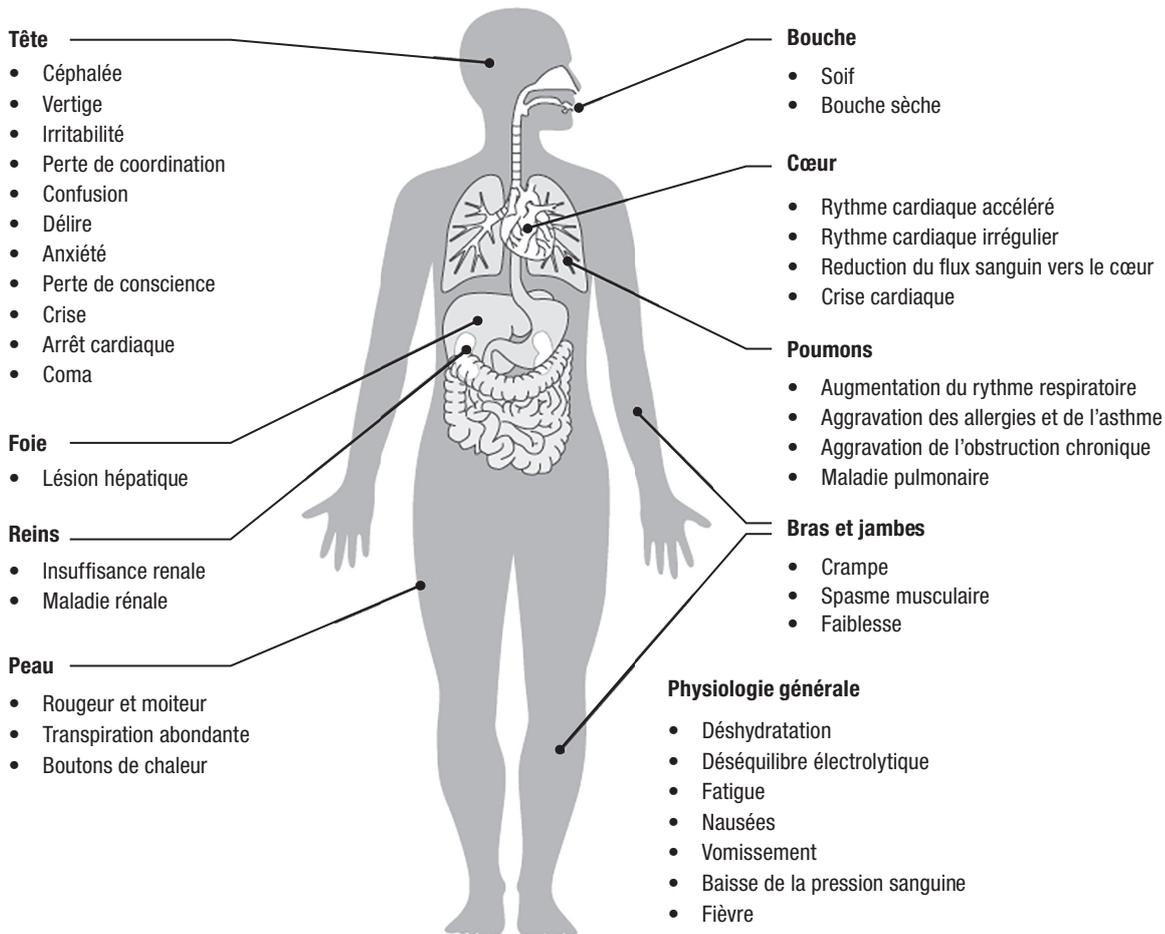
L'entraînement des capacités cardiorespiratoires, avec par exemple 2-3 séances de 30 à 45 minutes par semaine d'effort à 70-80% de la fréquence cardiaque maximale, permet des adaptations

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 maintenue 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).

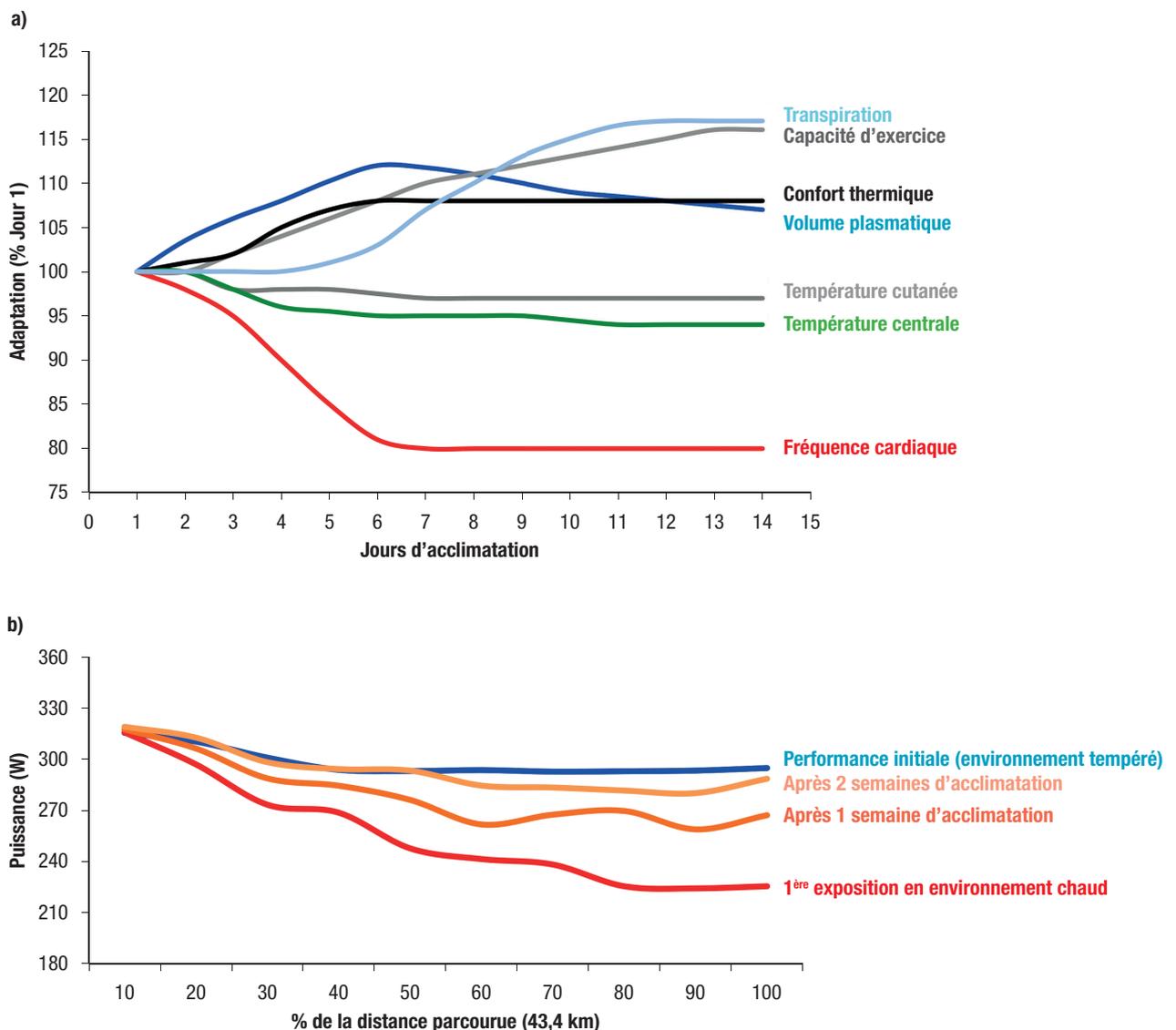
### S'hydrater

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 aérobique 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.

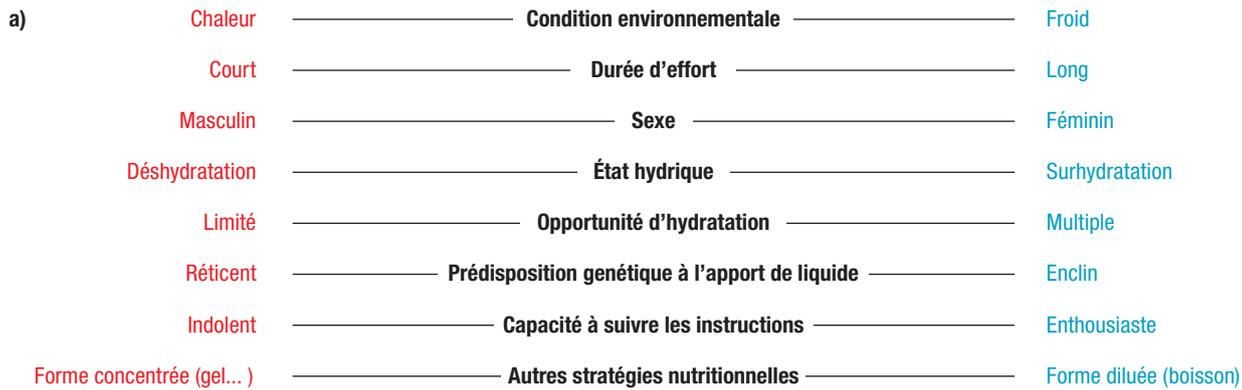
Source : Périard et coll. [6]

Dans de nombreux cas, la pratique d'une activité peut être initiée avec une hypo-hydratation pré-existante (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 salubre 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)**



b)

- Mesure du poids avant (tenue minimale, après passage aux toilettes) et après (même tenue et corps essuyé),
- Mesure des boissons avant et après, et
- Poids des suppléments consommés,
- Si nécessaire, mesurer le poids avant/après passage aux toilettes ou collecter l'urine.

- Apport hydrique = boisson avant – boisson après (en g ou mL)
- Perte urinaire = poids de corps avant – après passage aux toilettes ou poids de l'urine (en mL)
- Perte hydrique = Poids de corps avant – après (en kg ou x 1000 en mL)
- Déficit hydrique = perte hydrique x 100 / poids de corps avant
- Perte totale de sueur = perte hydrique + apport hydrique + poids des suppléments – perte urinaire (en mL)
- Taux de transpiration = perte totale de sueur x (60 / durée de séance) (en mL/h)

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> (autre 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, coaches, 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] Crouette 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, Eijvogels 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, Mailloux 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 Bénét (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.