Le corps humain peut-il supporter la chaleur extrême dans un climat en pleine évolution ?

Pieter Vancamp
Neurobiologiste et spécialiste de la physiologie humaine,
affilié à l'Institut national français de la recherche agronomique (INRAE)

Pieter Vancamp est neurobiologiste et spécialiste de la physiologie humaine, affilié à l'Institut national français de la recherche agronomique (INRAE). Titulaire d'un doctorat obtenu en 2018 à l'Université catholique de Leuven, il mène des recherches scientifiques dans trois laboratoires internationaux. En 2023, il a reçu le prix de la Société de neuroendocrinologie française, décerné chaque année à un jeune chercheur. En plus de ses travaux académiques, Pieter Vancamp contribue à de nombreux articles auprès d'un lectorat varié, principalement pour sensibiliser et informer le grand public sur les effets de la chaleur sur le corps humain.

La canicule de l'été 2022 a fait 61 000 victimes en Europe[1], ce qui montre la vulnérabilité du corps humain face à la chaleur extrême. Devant cette tragédie, une question se pose : comment le corps humain résiste-t-il quand le mercure atteint les 40°C en période estivale ? Sur quel arsenal de défense notre corps peut-il compter pour braver des conditions aussi extrêmes ? Découvrons ici l'incroyable physiologie du corps humain, capable d'assurer notre survie face aux aléas imprévisibles des températures, par une véritable prouesse de la nature.

Néanmoins, les systèmes de défense les plus perfectionnés ont aussi leurs limites. À quel moment cette mécanique bien orchestrée commence-t-elle à s'enrayer ? Comment la chaleur torride nous fait-elle passer d'un léger inconfort à une menace mortelle ? Dans le contexte du changement climatique, ces questions se posent avec une acuité sans précédent. Avec des records de température et des vagues de chaleur à la fois plus fréquentes et plus intenses, il est crucial de se demander si nos organismes pourront supporter cette marche inexorable vers un monde plus chaud. Comment anticiper au mieux pour nous protéger et protéger nos pairs ?

INTRODUCTION

Le changement climatique est une réalité aussi brutale qu'indéniable. La hausse des températures mondiales de « seulement » 1,5°C a déjà entraîné des changements significatifs, notamment des vagues de chaleur intenses qui ont frappé les principaux pays européens ces dernières années. En France, par exemple, sur les 47 vagues de chaleur enregistrées depuis 1947, 22 se sont produites depuis 2010.

Ces événements montrent l'effet des chaleurs extrêmes sur la santé humaine. La canicule qui a balayé l'Europe en 2003, et entraîné plus de 70 000 décès, reste gravée dans les mémoires[2]. Selon une analyse menée à l'échelle mondiale, la chaleur est responsable de 37 % des décès survenus entre 1991 et 2018[3]. Et les prévisions laissent entrevoir des vagues de chaleur encore plus intenses, ainsi qu'une augmentation des maladies et de la mortalité liées à la chaleur, surtout si les températures mondiales dépassent le seuil de +2°C.

Au-delà des décès, l'exposition à la chaleur affecte tout le monde. Les symptômes de la détresse thermique sont variables, d'un léger inconfort à des pathologies graves. Comment le corps humain supporte-t-il la chaleur extrême ? Découvrons les mécanismes par lesquels notre corps lutte contre les fortes chaleurs, et à quel moment des complications surviennent.

1 Ballester, J.,et al. (2023). *Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. [Mortalité liée à la chaleur en Europe au cours de l'été 2022.]* Nature Medicine, 29(7), 1249-1259. https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z.

2 Robine, J. M., et al. (2008). *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. [Plus de 70 000 morts en Europe durant l'été 2003.]* Comptes Rendus Biologies, 331(2), 171–178. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.001.

3 Vicedo-Cabrera, A. M., et al. (2021). *The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. [Le poids de la mortalité liée à la chaleur attribuable au changement climatique récent induit par l'homme.]* Nature Climate Change, 11(6), 492-500. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x.

LA TEMPÉRATURE IDÉALE

Le corps humain est un véritable chef-d'œuvre de la nature. Des milliards de cellules y travaillent en harmonie, sans relâche, pour nous permettre de traverser chaque journée sans encombre et de nous concentrer sur les tâches les plus importantes. Toutefois, cette chorégraphie complexe dépend des conditions optimales de fonctionnement des cellules et de leurs enzymes. L'un des paramètres essentiels à notre bien-être mental et physique, qui est fondamental pour notre survie, est une température corporelle de 36,8°C précisément. Il n'y a pas de marge d'erreur. Il suffit de voir l'inconfort que l'on ressent lorsque notre température corporelle augmente d'un ou deux degrés, lorsque notre corps lutte contre un virus ou une bactérie indésirable.

Et pourtant, cette augmentation n'est autre que la fièvre, orchestrée par le corps, pour notre bien. En revanche, des périodes prolongées de chaleur extrême ou d'activité physique intense pourraient aussi faire augmenter la température corporelle, mais de manière incontrôlable, au-delà des niveaux tolérables pour les cellules, menaçant ainsi le bon fonctionnement des organes vitaux. Par exemple, si notre température corporelle dépassait les 43°C environ, nous pourrions mourir en quelques minutes, en raison de l'incinération des cellules et des protéines à l'échelle microscopique.

Heureusement, des millions d'année d'évolution ont permis à nos corps de développer des mécanismes de défense perfectionnés pour stabiliser leur température corporelle, quelles que soient les conditions extérieures. Cette capacité inhérente, connue sous le nom de « thermorégulation »[4], est indispensable à notre survie au quotidien et constitue notre armure physiologique contre les vagues de chaleur intenses.

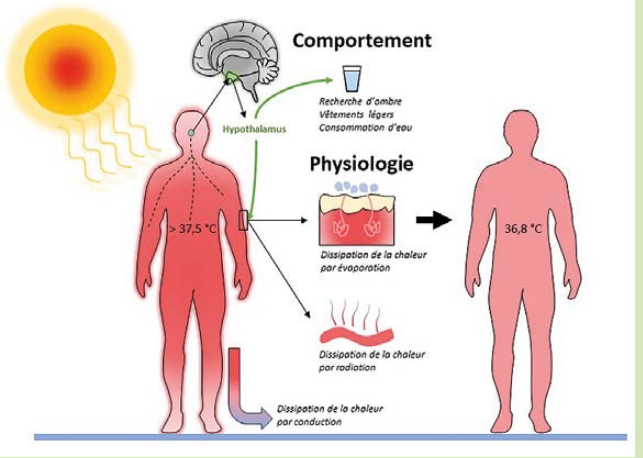
NOTRE CORPS RÉAGIT À LA CHALEUR – LE FRONT QUI TRANSPIRE ET LES JOUES ROUGES

Le principal mécanisme du rafraîchissement est la transpiration. Quand la température corporelle augmente, l'hypothalamus entre en action. Ce centre du cerveau qui supervise les fonctions vitales du corps contrôle l'activation de 2 à 4 millions de glandes sudoripares réparties sur l'ensemble de la peau, pour produire cette substance salée que nous connaissons. À mesure que la transpiration s'évapore, elle absorbe la chaleur de la peau et contribue ainsi au refroidissement du corps. La dissipation de la chaleur par la peau, qui couvre une surface d'environ deux mètres carrés, est le principal moyen de conserver notre température corporelle au point d'équilibre de 36.8°C. Toutefois, transpirer abondamment entraîne une perte importante de fluides, jusqu'à un litre par heure. Cela se traduit typiquement par la transpiration du front et des aisselles, les parties du corps où les glandes sudoripares sont présentes en abondance.

> *« L'un des paramètres essentiels à notre bien être mental et physique, qui est fondamental pour notre survie, est une température corporelle de 36,8°C précisément. »*

La perte de liquide déclenche également une réaction des reins, dont l'objectif principal est de réduire les pertes d'eau. Dans cette situation, l'hypothalamus envoie une hormone spéciale appelée *hormone antidiurétique*, qui incite les reins à récupérer l'eau dans l'urine. L'urine devient alors plus concentrée et passe du jaune clair au jaune foncé : un avertisseur signifiant que le corps a besoin d'une recharge en eau. La consommation d'alcool, qui inhibe la production de cette hormone, aggrave la perte de liquide en cas de chaleur. Il est donc conseillé de ne pas boire trop d'alcool aux heures les plus chaudes de la journée.

Illustration 1 : Principaux mécanismes par lesquels le corps humain maintient sa température corporelle à 36,8°C quand il est exposé à une chaleur intense



Source : Pieter Vancamp.

La transpiration s'accompagne d'une vasodilatation : les vaisseaux sanguins situés à proximité de la surface de la peau se dilatent. Cela facilite le dégagement de chaleur dans le milieu ambiant, par le biais du rayonnement. Autre signe de cette lutte pour maintenir l'intérieur de notre corps à la température magique de 36,8°C : les joues rouges et le front qui transpire. Certaines hormones, comme l'adrénaline, libérée par la nervosité, dilatent également les vaisseaux sanguins et donnent des joues rouges. Enfin, une respiration rapide et moins profonde permet d'échanger de la chaleur contre de l'air extérieur plus frais.

Enfin, notre cerveau nous incite, souvent inconsciemment, à contribuer au refroidissement du corps et à limiter l'exposition à la chaleur. La perte de liquide déclenche un réflexe comportemental consistant à boire davantage. Autre mesure d'adaptation : rechercher l'ombre et porter des vêtements légers. Les molécules produites aux extrémités de notre corps en cas de fortes chaleurs circulent dans le sang et envoient des messages à l'hypothalamus, signalant qu'il faudrait limiter les efforts physiques intenses. D'où cette sensation de fatigue générale quand il fait chaud. Prendre une douche tiède ou s'allonger sur une surface froide, des

4 Cramer, M. N., et al. (2022). *Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. [Régulation de la température humaine en cas de stress thermique dans la santé, la maladie et les blessures.]* Physiological Reviews, 102(4), 1907-1989. https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021.

comportements observés chez les animaux, sont aussi des moyens d'évacuer efficacement la chaleur. Enfin, la technologie moderne nous offre une aide bienvenue : la climatisation. En accélérant l'évaporation de la transpiration, elle améliore notre confort.

LES LIMITES DU CORPS FACE À LA CHALEUR

En cas de fortes chaleurs, ces mécanismes physiologiques très efficaces (qui nous permettent de supporter pratiquement tous les climats et de vivre n'importe où sur la planète) peuvent être dépassés, ou perdre leur efficacité, lorsque l'exposition est trop longue ou trop intense. En cas de chaleur extrême, la résistance du corps est mise à rude épreuve et deux organes vitaux sont particulièrement sollicités : le cœur et le cerveau.

La demande de transpiration en vue de refroidir le corps peut dépasser sa capacité à la produire ou à l'évaporer efficacement. La perte de liquides et de sels minéraux entraîne une déshydratation et des déséquilibres électrolytiques, ce qui peut provoquer des crampes musculaires douloureuses. La perte de liquide, combinée à une dilatation prolongée des vaisseaux sanguins, entraîne une chute de la pression artérielle et compromet la circulation du sang vers les organes vitaux. Cette perte incite le cœur à intensifier ses efforts, en battant plus vite et plus fort pour maintenir la circulation. Mais comme le cœur ne peut travailler qu'avec les ressources dont il dispose, si les niveaux de liquide ne reviennent pas à la normale, la tension exercée sur le cœur peut s'aggraver et son fonctionnement se détériorer.

« Dans une étude menée en 2016, des chercheurs ont constaté que de jeunes étudiants en bonne santé étaient plus de 10% plus lents et moins précis lors de tests cognitifs dans un bâtiment chaud pendant une canicule. »

Ainsi, l'apport d'oxygène au cerveau se réduit, ce qui se traduit par divers symptômes : vertiges, faiblesses, évanouissements, troubles cognitifs… Toutefois, même sans atteindre la zone dangereuse, la chaleur peut avoir des effets négatifs sur nos performances mentales. Une exposition prolongée à une chaleur même modérée nous rend moins efficaces et fait augmenter le taux d'erreurs. Dans une étude menée en 2016, des chercheurs ont constaté que de jeunes étudiants en bonne santé étaient plus de 10% plus lents et moins précis lors de tests cognitifs dans un bâtiment chaud pendant une canicule[5]. En effet, les cellules nerveuses, c'est à dire les cellules du cerveau qui nous aident à penser et à agir, consomment d'énormes quantités d'énergie et d'oxygène. Quand il fait trop chaud, ces cellules ont des difficultés à réguler cette dépense énergétique. Elles envoient alors des signaux erronés aux cellules voisines, ce qui perturbe la communication avec notre corps.

Des manifestations neurologiques plus graves, telles que la confusion et l'évanouissement, avec une accélération du rythme cardiaque, l'urine foncée, les joues rouges et la transpiration, sont des indicateurs caractéristiques de l'épuisement par la chaleur. Un état qui accroît le risque de maladies liées à la chaleur et le signe avant-coureur d'une situation plus grave si l'on n'intervient pas.

Car les choses peuvent aller très vite. Face à quelqu'un qui souffre d'épuisement par la chaleur, il est impératif d'agir immédiatement. Il faut amener cette personne vers un endroit frais et ombragé, l'encourager à s'hydrater, à absorber des électrolytes (que l'on trouve souvent en abondance dans les boissons pour sportifs). Il faut faire baisser la température corporelle par différentes méthodes, avec de l'eau fraîche ou des poches de glace, en les plaçant au passage des gros vaisseaux sanguins, comme les aisselles et l'intérieur des jambes. Il faut surveiller attentivement l'éventuelle aggravation des symptômes, comme un changement de personnalité ou des vomissements. Sans intervention, la température du corps peut grimper, ce qui compromet le fonctionnement des organes vitaux. Dans les cas extrêmes, si les réservoirs de liquide sont vides, la personne finit généralement par ne plus transpirer, malgré la chaleur extrême.

Le corps atteint alors un point critique à partir duquel il ne peut plus supporter le stress, et les organes cessent de fonctionner les uns après les autres. Cette progression marque le début d'un coup de chaleur, qui exige une attention médicale de toute urgence. Rien d'étonnant à ce que l'on constate, pendant les canicules, une hausse des admissions à l'hôpital pour des maladies liées à la chaleur. Par exemple, quand le mercure dépasse les 31°C, l'hôpital royal de Hobart en Australie constate que le risque relatif d'admission à l'hôpital est multiplié par trois (étude menée sur les années 2003-2010)[6] .

POURQUOI NOUS NE SOMMES PAS ÉGAUX FACE AUX FORTES CHALEURS

La chaleur peut mettre à rude épreuve la capacité innée de l'organisme à réguler la température, ce qui renforce les risques pour la santé. Mais nous n'avons pas tous la même sensibilité en la matière. Certains ne semblent pas affectés par la chaleur et seraient prêts à courir un marathon, tandis que d'autres peuvent à peine sortir de chez eux pour affronter le soleil brûlant. Tout dépend aussi du lieu où l'on se trouve : l'exposition au soleil et à la chaleur n'est pas la même dans le sud de l'Espagne ou sur la côte belge. Dès lors, qu'est-ce qui détermine la sensibilité d'un individu ?

5 Cedeño Laurent, J. G., Williams, A., Oulhote, Y., Zanobetti, A., Allen, J. G.,& Spengler, J. D. (2018). Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. [Réduction des fonctions cognitives pendant une vague de chaleur chez les résidents de bâtiments non climatisés : Une étude d'observation de jeunes adultes durant l'été 2016.] *PLoS medicine*, 15(7), e1002605.

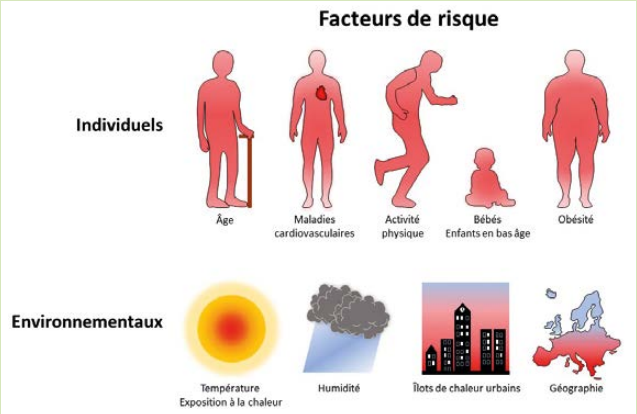
6 Watson, K. E., Gardiner, K. M., & Singleton, J. A. (2020). The impact of extreme heat events on hospital admissions to the Royal Hobart Hospital. [L'impact des épisodes de chaleur extrême sur les admissions à l'hôpital royal de Hobart.] *Journal of public health* (Oxford, England), 42(2), 333–339.

D'une manière générale, deux facteurs déterminent la tolérance d'une personne à la chaleur. Tout d'abord, les conditions environnementales : un taux d'humidité élevé, par exemple, entrave l'évaporation de la transpiration, qui est cruciale pour le refroidissement du corps. Des chercheurs canadiens ont mis au point en 1965 l'Humidex[7], un tableau qui donne une idée du ressenti en prenant en compte la température extérieure et le taux d'humidité. Par exemple, pour une température extérieure de 30°C et un taux d'humidité de 70 %, l'Humidex est à 41, qui correspond à l'indication « inconfort majeur, éviter les efforts ». D'après ce tableau, en conditions sèches (20 % d'humidité) le mercure peut monter jusqu'à 39°C avant que l'on atteigne un tel niveau d'inconfort.

« Selon les statistiques, plus de deux tiers des décès liés à la chaleur surviennent chez des personnes de plus de 65 ans. Et comme la population mondiale est vieillissante, les chercheurs estiment que cette proportion sera amenée à augmenter. »

Autre facteur environnemental important : vivre dans des zones urbaines dominées par le béton et l'asphalte, qu'on appelle *îlots de chaleur urbains*. La température reste élevée la nuit car les bâtiments et la chaussée conservent la chaleur et le corps n'a pas l'occasion d'évacuer la chaleur pendant la nuit, ce qui prolonge son exposition au stress thermique.

Illustration 2 : Facteurs individuels et environnementaux affectant notre tolérance à la chaleur



Source : Pieter Vancamp.

Les facteurs individuels jouent également un rôle crucial. L'âge, en particulier, est un facteur déterminant. Selon les statistiques, plus de deux tiers des décès liés à la chaleur surviennent chez des personnes de plus de 65 ans. Et comme la population mondiale est vieillissante, les chercheurs estiment que cette proportion sera amenée à augmenter[8]. Les enfants en bas âge et les nourrissons sont eux aussi vulnérables. Ils ont un point commun avec les personnes âgées : leur système de thermorégulation n'est pas aussi efficace que celui des adultes en bonne santé.

Il faut leur rappeler de s'hydrater, car leurs fonctions cognitives, y compris la conscience de la soif, ne sont pas aussi réactives. Toutefois, quel que soit l'âge, personne n'est à l'abri du risque.

La mortalité liée à la chaleur est également plus élevée chez les femmes. Les données collectées pendant la canicule de 2022 en Europe montrent 56% de victimes en plus chez les femmes que chez les hommes, ce qui s'explique probablement par le décalage entre hommes et femmes parmi les personnes âgées.

Il est fortement déconseillé d'effectuer un travail physique ou une activité intenses pendant les heures les plus chaudes de la journée. En effet, ces activités peuvent multiplier par dix le métabolisme interne et entraîner une production excessive de chaleur, ce qui est particulièrement indésirable par temps chaud. Consciente de ce risque, l'Espagne a récemment modifié sa législation. Si l'institut météorologique national (AEMET) émet une alerte de fortes chaleurs, il est interdit d'effectuer des travaux physiques intenses l'après-midi[9].

En outre, les personnes souffrant de troubles cardiovasculaires, comme c'est souvent le cas des personnes âgées, sont particulièrement vulnérables. Elles ont une capacité réduite à compenser la perte de liquide, d'où une moindre résistance au stress thermique. Les personnes souffrant de maladies métaboliques, notamment l'obésité, courent aussi un risque accru d'exposition à la chaleur. L'augmentation de la masse corporelle accroît la capacité de stockage de la chaleur. En outre, la présence d'une plus grande quantité de tissu adipeux dans la peau agit comme un isolant, qui limite la dissipation de la chaleur dans l'environnement.

ANTICIPER CE QUI NOUS ATTEND

Il est certain que la chaleur peut mettre à rude épreuve les mécanismes naturels de thermorégulation de l'organisme, ce qui accroît les risques liés à la chaleur, en particulier chez les populations vulnérables – personnes âgées, nourrissons et personnes souffrant de problèmes de santé préexistants. Rien de surprenant, donc, à ce que les modélisations prévoient une hausse de la mortalité liée à la chaleur dans le monde entier en raison du réchauffement climatique[10]. Et dans certains cas, les comportements habituels ne suffisent plus, notamment rechercher l'ombre ou porter des vêtements légers. Dans les pays du Sud, particulièrement touchés, certaines régions deviendront inhabitables. D'après les modélisations climatiques fondées sur des données empiriques, avec une hausse de 2°C des températures mondiales par rapport aux niveaux préindustriels, des milliards d'habitants du Moyen-Orient, de l'Inde, de l'est de la Chine et de l'Afrique

7 Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), *Indice humidex et le travail*..

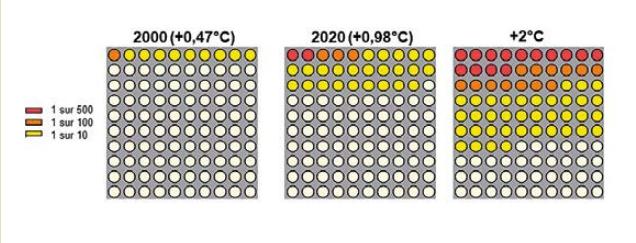
8 Falchetta, G., et al. (2024). Global projections of heat exposure of older adults [Projections mondiales de l'exposition à la chaleur des personnes âgées.] *Nature Communications*, 15(1), Article 47197. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47197-5.

9 20minutos. (2023, May 10). El Gobierno prohibirá este jueves trabajar al aire libre cuando haya olas de calor extremo. [Le gouvernement interdira le travail en extérieur pendant les vagues de chaleur extrême à partir de jeudi.] *20minutos*. https://www.20minutos.es.

10 Gasparrini, A., et al. (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. [Projections de la surmortalité liée à la température dans le cadre des scénarios de changement climatique.] *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e360-e367. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0.

subsaharienne se retrouveront dans des situations où la capacité humaine à tolérer la chaleur sera dépassée[11]. En Inde, le risque de vagues de chaleur extrême est déjà 30 fois plus élevé que par le passé. Et si l'on tient compte du facteur aggravant qu'est l'humidité, d'ici 2050, le pays devrait être l'un des premiers où les conditions météorologiques seront incompatibles avec la survie humaine. D'autant que les pays Européens ne sont pas en reste. En effet, selon certains rapports, si la tendance ne change pas, certaines régions du sud de l'Espagne continentale pourraient se transformer en déserts, avec des dégâts irréversibles pour les écosystèmes locaux[12].

Illustration 3 : Survenue d'épisodes de canicule dans le contexte du réchauffement climatique, projections pour Paris[13]



Source : Pieter Vancamp, d'après des données de Lüthi *et al.*, 2023 - *Nature Communications* – Une hausse rapide du risque de mortalité liée à la chaleur.

Les populations autochtones, plus adaptées aux climats chauds car elles y vivent depuis plusieurs générations, sont aussi de plus en plus vulnérables. En effet, la physiologie adaptative a ses limites, même pour les mieux équipés. Pour échapper aux risques météorologiques, les populations humaines, comme d'autres grands mammifères, migrent vers des régions plus fraîches, ce qui peut avoir des conséquences politiques. Par exemple, la multiplication des vagues de chaleur extrême, des ouragans, des sécheresses et des pertes de récoltes dans les pays d'Amérique latine poussent de plus en plus d'habitants à se rendre aux États-Unis[14]. Ainsi, pour atténuer les effets du changement climatique, nous devons aller plus loin que les mesures standards visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre (GES). Nous devons prendre des mesures proactives au niveau international, afin d'anticiper et de protéger les populations dans les années à venir. Inutile de céder à la panique, les efforts collectifs peuvent porter leurs fruits, comme le démontre le passé, notamment en innovant et en mettant en œuvre des solutions visant à protéger nos communautés.

CONCLUSION

Ces dernières années, nous avons eu un avant-goût de l'effet des vagues de chaleur extrême sur la vie humaine. Selon les prévisions, ces événements vont se multiplier et s'intensifier en raison du changement climatique, ce qui constitue une menace importante pour la santé publique. Face à ces difficultés, il est essentiel de reconnaître la remarquable capacité d'adaptation du corps humain. Quand il n'est pas poussé au-delà de ses limites, il peut supporter des périodes prolongées de chaleur intense.

Il est important d'écouter les signaux physiologiques de notre corps (soif, rougeur, etc.). En tenant compte de ces signaux, nous pouvons prendre soin des plus vulnérables (personnes âgées, femmes enceintes, animaux domestiques, etc.). Nous pouvons aussi adopter des stratégies simples à titre personnel, par exemple programmer ses séances de course à pied le matin, quand il fait frais.

En attendant, seul un effort international concerté et coordonné permettra de freiner le réchauffement climatique et de réduire les risques qui en découlent. Les scientifiques et les autorités s'efforcent de sensibiliser le public et d'élaborer des plans de prévention pour se préparer aux défis à venir. Nous pouvons aussi nous appuyer sur notre expérience passée. Par exemple, depuis 2006, la France a mis en place des systèmes d'alerte pour être proactifs en cas de canicule[15]. Des mesures d'urbanisme peuvent aussi lutter contre les chaleurs extrêmes. Intégrer des espaces verts permet d'absorber la chaleur et installer des fontaines à eau – comme en vue des Jeux Olympiques de Paris – contribue à la thermorégulation du corps. Ces mesures simples mais efficaces viendront soutenir la physiologie humaine lors des futures vagues de chaleur, pour éviter des pertes de vie inutiles.

11 Vecellio, D. J., et al. (2023). Greatly enhanced risk to humans as a consequence of empirically determined lower moist heat stress tolerance. [Risque fortement accru pour l'homme en raison d'une tolérance plus faible au stress thermique humide déterminée de manière empirique.] *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(42), e2305427120. https://doi.org/10.1073/pnas.2305427120.

12 Guiot, J., & Cramer, W. (2016). Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. [Changement climatique : Les seuils de l'accord de Paris de 2015 et les écosystèmes du bassin méditerranéen.] *Science*, 354(6311), 465-468. https://doi.org/10.1126/science.aah5015.

13 Ce schéma représente l'évolution attendue de l'occurrence des événements de chaleur extrême – en termes de mortalité – pour Paris, en 2000 et 2020 (avec des températures moyennes respectivement en hausse de +0,47 et +0,98°C par rapport à la période préindustrielle (1850-1899)) et la compare à une augmentation potentielle de +2°C des au-dessus de la moyenne préindustrielle (limite fixée par l'Accord de Paris de 2015). Les événements extrêmes liés à la chaleur qui se produisaient une fois tous les 500 ans en l'an 2000 se produiraient en moyenne 14 fois tous les 100 ans dans un monde plus chaud de +2°C.

14 Lakhani, N. (2021, November 1). "'So many have gone': Storms and drought drive Guatemalans to the US border." ['Tant de gens sont partis' : Les tempêtes et la sécheresse poussent les Guatémaltèques vers la frontière américaine.] *The Guardian*. https://www.theguardian.com/world/2021/nov/01/guatemala-storms-drought-climate-migrants.

15 Pascal, M., et al. (2006). France's heat health watch warning system [Le système français d'alerte à la chaleur pour la santé]. *International Journal of Biometeorology*, 50(3), 144–153. https://doi.org/10.1007/s00484-005-0003-x.

Dhaka Bangladesh 30 avril 2024,
40 degrés Celsius. Dans une telle situation, les conducteurs à risque se reposent à l'ombre pour se soulager de la chaleur.