

# La sueur comme indicateur de la santé

Dr MATHIEU SAUBADE<sup>a,b</sup>, Dre SARAH NORRENBERG<sup>c</sup>, CYRIL BESSON<sup>a</sup>, SILVIA DEMURU<sup>d</sup>,  
DANICK BRIAND<sup>d</sup>, BRINCE PAUL<sup>d</sup>, Pr VINCENT GREMEAUX<sup>a,e</sup> et CÉLINE LAFAYE<sup>a</sup>

Rev Med Suisse 2021; 17: 1289-94

**La sueur est un fluide corporel produit par les glandes sudoripares et composé principalement d'eau. La transpiration remplit diverses fonctions, dont les principales sont l'évacuation de la chaleur produite par l'organisme, en particulier durant l'effort physique, et le maintien de l'homéostasie de la peau. Sa production est très variable quantitativement et qualitativement et dépend de multiples facteurs individuels et environnementaux. Différentes pathologies ou conditions altèrent son bon fonctionnement. Cet article présente un aperçu des caractéristiques, des principaux problèmes de santé et des applications actuelles et potentielles en lien avec la sueur.**

## Sweat as an indicator of health

*Sweat is a body fluid produced by the sweat glands and is mainly composed of water. Sweat has various functions, the two main ones being the evacuation of heat produced by the body, especially during exercise, and the maintenance of skin homeostasis. Its production is highly variable and depends on many individual and environmental factors. Various diseases or conditions affect its proper functioning. This article presents an overview of the characteristics, the main health issues, and the current and potential applications related to sweat.*

## INTRODUCTION

La transpiration, ou sudation, représente la production de fluide sécrété par les glandes sudoripares de la peau des mammifères. On trouve en moyenne entre 2 et 5 millions de glandes sudoripares chez l'être humain, réparties en trois types: les glandes eccrines, apocrines et mixtes (apo-eccrines). Les glandes eccrines sont réparties sur une grande partie du corps. Les glandes apocrines sont limitées aux zones pileuses comme les aisselles, le périnée et la région péri-anale.

On a longtemps pensé que suer avait des vertus hygiéniques, permettant d'éliminer des toxines accumulées dans l'organisme. Grâce à l'avancée de la science, on comprend mieux les mécanismes et l'utilité de ce système extrêmement original et efficace, même s'il reste encore beaucoup à découvrir.

Cet article présente un aperçu des caractéristiques, des principaux problèmes de santé et des applications actuelles et potentielles en lien avec la sueur. En revanche, les mécanismes physiologiques de la production de sueur ne seront pas traités en détail ici.

## RÔLE DE LA TRANSPIRATION

Le rôle des glandes eccrines est multiple:

- **Thermorégulation:** elles aident au maintien d'une température corporelle idéale (entre 36,5 et 37,8° C) lorsque l'organisme s'échauffe en réponse à un effort et/ou en présence d'un environnement chaud. Ainsi, l'évaporation de la sueur produite à la surface de la peau permet d'éliminer la chaleur qu'elle contient.
- **Homéostasie:** les glandes participent à la défense biologique et à l'hydratation de la surface cutanée.<sup>1</sup> Du fait de son potentiel hydrogène (pH) acide et de la présence d'immunoglobulines A et G, la sueur possède des propriétés antiseptiques et antifongiques. Elle humidifie la couche cornée, lui permettant de préserver ses propriétés biomécaniques d'extensibilité et d'élasticité et donc de résistance aux traumatismes mécaniques.<sup>1</sup> Elle est notamment riche en lactate, sodium et urée qui sont des composants hydratants naturels.<sup>2</sup>
- **Excrétion:** les glandes sont responsables de l'élimination de l'excès de micronutriments, de déchets métaboliques et de substances toxiques du corps. Cependant, l'efficacité des glandes sudoripares en tant qu'organe excréteur à des fins homéostatiques n'est actuellement pas claire et sans commune mesure avec la fonction excrétrice des reins et du tractus gastro-intestinal.<sup>3,4</sup>
- **Adhérence:** les glandes améliorent l'adhérence et la préhension des objets, ainsi que la marche et la course en évitant le glissement, grâce à la sécrétion permanente de sueur au niveau palmo-plantaire.<sup>5</sup>

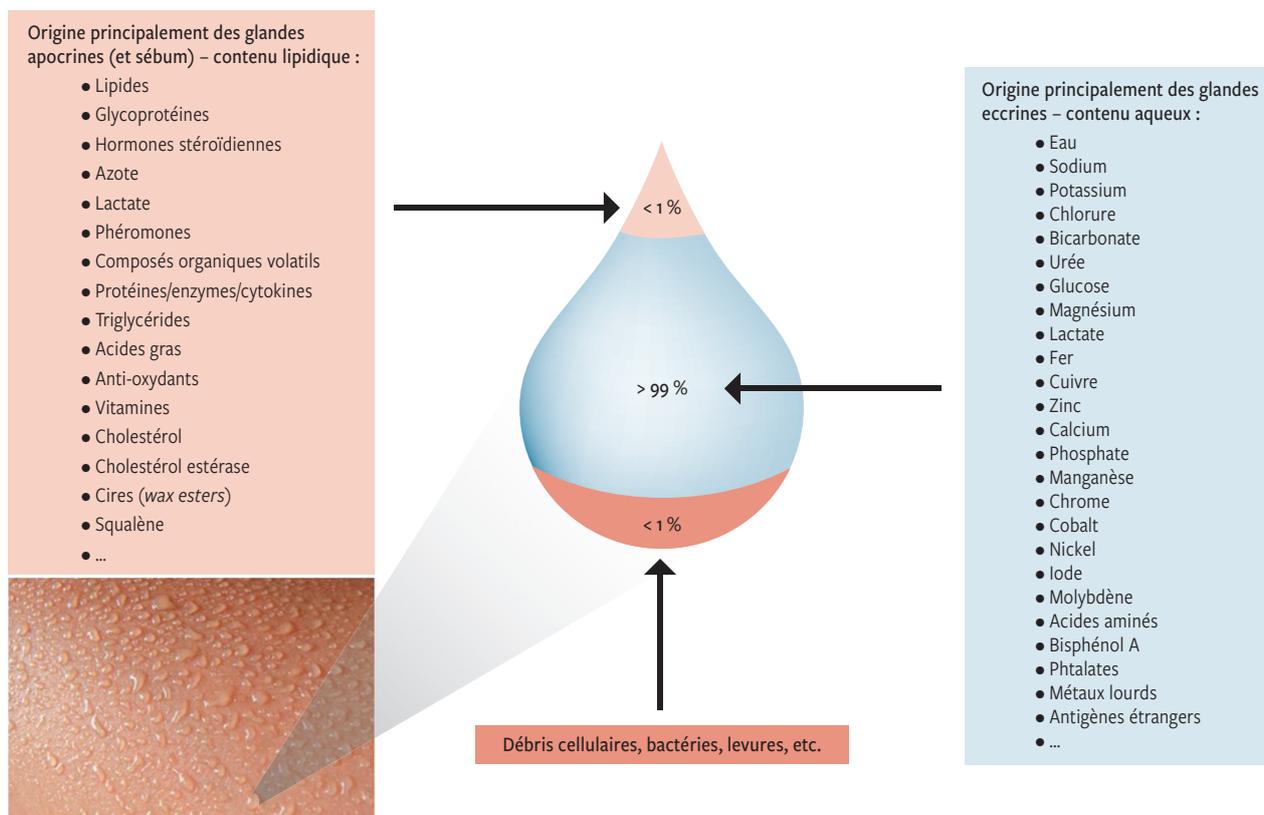
Quant aux glandes apocrines, leur rôle est encore peu clair. Chez les mammifères, la sueur apocrine intervient dans le système de reconnaissance olfactif entre les individus. Chez l'être humain, elle servirait de véhicule d'odeurs spécifiques à chaque individu.<sup>5</sup>

## COMPOSITION DE LA SUEUR ECCRINE

La sueur eccrine est une des sécrétions les plus aqueuses de l'organisme (99% d'eau), avec un mélange de substances chimiques, principalement filtrées à partir du liquide interstitiel. On y retrouve, de manière diluée, la majorité des constituants du plasma (**figure 1**). Par ailleurs, certains composés sont produits par les glandes sudoripares elles-mêmes (par

<sup>a</sup>Centre de médecine du sport, Swiss Olympic Medical Center, Division de médecine physique et réadaptation, CHUV, 1011 Lausanne, <sup>b</sup>Département de promotion de la santé et préventions, Centre universitaire de médecine générale et santé publique, Unisanté, 1011 Lausanne, <sup>c</sup>Derma Lausanne, Avenue de Rumine 8, 1005 Lausanne, <sup>d</sup>Laboratoire des microsystèmes souples (LMST), École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), 2000 Neuchâtel, <sup>e</sup>Institut des sciences du sport (ISSUL), Université de Lausanne, 1015 Lausanne  
mathieu.saubade@chuv.ch | sarah.norrenberg@svmed.ch  
cyril.besson@chuv.ch | silvia.demuru@epfl.ch | danick.briand@epfl.ch  
brincepaul6@gmail.com | vincent.gremeaux@chuv.ch | celine.lafaye@chuv.ch

**FIG 1** Principaux composants de la sueur (par analyse métabolomique)



(Adaptée de réf. 20).

exemple, peptides antimicrobiens) et d'autres proviennent de leur métabolisme (par exemple, lactate).<sup>3</sup> Il s'agit d'un liquide incolore dont le pH est compris entre 4 et 6,5. Sa composition varie selon des facteurs individuels ou environnementaux (tableau 1).<sup>3,6</sup>

### COMPOSITION DE LA SUEUR APOCRINE

La sueur sécrétée par les glandes apocrines est différente de la sueur eccrine. Outre l'eau, elle contient plus d'ammoniaque

que la sueur eccrine, des protéines, des pigments et des lipides (figure 1). Elle est peu ou pas acide (pH de 6,2 à 7,5).<sup>5</sup>

### VOLUME DE SUEUR ÉMIS

L'excrétion de sueur est pulsatile et fluctuante, avec une fréquence de 0,3 à 12 émissions par minute, selon les personnes, les circonstances et la région du corps, avec une alternance d'activité des différents groupes glandulaires. Même en cas de sudation profuse, environ 50% des pores sudoraux restent secs. Le volume excrété est ainsi très variable, allant d'environ 0,5 à 1,5 l par jour au repos, à plus de 10 l par jour dans des conditions extrêmes.

### SUEUR ET SANTÉ

Il existe différentes conditions et pathologies en lien avec le volume, l'odeur, la couleur et la composition de la sueur, qui sont présentées ci-dessous. Le tableau 2 résume les principales conditions qui altèrent le fonctionnement des glandes sudoripares.

#### Volume

##### Hyperhidrose

L'hyperhidrose est définie par une production de sueur qui dépasse les quantités nécessaires à la thermorégulation. Elle

TABLEAU 1		Principaux facteurs influençant la sudation	
Facteurs individuels		Facteurs externes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Âge</li> <li>• Sexe</li> <li>• Origine ethnique</li> <li>• Cycle menstruel</li> <li>• Rythme circadien</li> <li>• Surface corporelle</li> <li>• Indice de masse corporelle</li> <li>• Condition physique</li> <li>• Acclimatation</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• États émotionnels</li> <li>• Alimentation (type, sels, alcool, drogues, etc.)</li> <li>• Statut hydrique</li> <li>• État de santé</li> <li>• Climat</li> <li>• Environnement (température, humidité, ventilation, altitude/hypoxie, etc.)</li> <li>• Médicaments</li> <li>• Vêtements (type, nombre de couches, durée de port, etc.)</li> <li>• Activité physique (type, durée, intensité)</li> </ul>	

(Adapté de réf. 3).

peut être localisée (aisselles, paumes/plantes, visage, etc.) ou généralisée; primaire (idiopathique) ou secondaire, notamment à un médicament ou à diverses affections médicales (par exemple, diabète, hyperthyroïdie, maladie de Parkinson). L'hyperhidrose induit des gênes sur le plan social et pratique, augmente le risque d'infections microbienne et mycosique et aggrave certaines affections cutanées (par exemple, eczéma, dermite de contact, etc.).<sup>5,7</sup>

#### Anhidrose/hypohidrose

L'anhidrose est l'absence totale de transpiration. Lorsqu'elle est généralisée, elle est en lien avec des syndromes génétiques rares impliquant une absence congénitale de glandes sudoripares. L'anhidrose localisée est généralement liée à une atteinte focale (par exemple, sympathectomie chirurgicale).

L'hypohidrose, plus fréquente, est une transpiration anormalement basse par rapport au stimulus appliqué. La cause est iatrogène (médicamenteuse ou mécanique (chirurgie, plaies, etc.)) ou liée à des atteintes systémiques (maladie de Sjögren, diabète, etc.). Les personnes atteintes ont un risque accru d'hyperthermie, potentiellement grave.<sup>8</sup>

#### Odeur

La sueur est initialement inodore. Lorsqu'elle est dégradée par les micro-organismes de la flore cutanée, des odeurs corporelles désagréables sont produites.<sup>9</sup> Les bromhidroses regroupent les nuisances olfactives liées à la transpiration. La sueur apocrine génère l'odeur corporelle au niveau des aisselles et de la région périnéo-anale. La bromhidrose plantaire est liée à la production des glandes eccrines à la plante des pieds. Une origine exogène est également possible (odeurs caractéristiques après ingestion de certains aliments comme l'ail ou l'oignon).

Les odeurs corporelles contiennent une grande quantité d'informations relatives à la chimie corporelle des individus, en lien avec de multiples facteurs (sexe, âge, état de santé, caractéristiques héréditaires, habitudes alimentaires, etc.). Leur évaluation peut fournir des informations utiles pour le développement de cosmétiques (antiperspirants, déodorants, etc.), de répulsifs contre des insectes (antimoustiques, etc.) ou de textiles spécifiques.

L'intérêt de l'odeur s'étend également à l'identification de certains composés organiques volatils (COV) de la sueur, produits dans des conditions spécifiques (conditions métaboliques, néoplasiques et infectieuses (notamment le SARS-CoV-2)), par des chiens entraînés<sup>10</sup> ou des capteurs spécifiques.<sup>11</sup>

#### Couleur

La sécrétion pathologique d'une sueur colorée par les glandes apocrines est appelée «chromhidrose». Elle résulte de l'excrétion par une bactérie ou champignon de pigments naturels (les lipofuscines) qui se colorent en noir en s'oxydant. Il existe aussi des pseudochromhidroses dues à des colorants exogènes, surtout vestimentaires, qui se déposent sur la peau.<sup>5</sup>

## Composition

Peu d'études sont disponibles sur les variations de la composition de la sueur dans la population. Le sodium et le chlorure sont les principaux composés étudiés. L'alimentation semble avoir une influence très variable sur la composition de la sueur, notamment la consommation de sels sur la sécrétion de sodium sudoral lors d'un effort physique.<sup>3,12</sup> De plus, une variation saisonnière du sodium sudoral est observée avec une diminution d'environ 30 à 60% entre l'hiver et l'été.<sup>3,13,14</sup>

La pathologie la plus connue présentant une altération de la composition de la sueur est la mucoviscidose. Une concentration anormalement élevée en sodium et chlorure est retrouvée.<sup>15</sup> En plus des problèmes du système respiratoire, les individus atteints de cette maladie génétique présentent des risques importants de déshydratation et de troubles liés à la perte excessive en sel lors de conditions de transpirations accrues.<sup>15</sup> Certaines personnes en bonne santé habituelle présentent une concentration élevée en chlorure de sodium, mais dans une moindre mesure que les patients atteints de mucoviscidose. Ces *salty sweaters* seraient également plus à risque de malaises dus à des pertes anormales en sel en condition d'efforts prolongés et/ou d'environnement chaud et humide.<sup>16</sup> D'autres conditions présentées dans le **tableau 2** peuvent également altérer la composition de la sueur.

## SUEUR ET EFFORT PHYSIQUE

L'élévation de la température de l'organisme lors d'un effort physique est compensée par la perte de chaleur due à l'évaporation de l'eau contenue dans la sueur, produite par les glandes eccrines. Celles-ci fonctionnent durant toute la durée de l'effort, avec un débit variable selon les individus, les zones du corps, les conditions environnementales et/ou d'effort (**tableau 1**).<sup>6</sup>

La compensation des pertes en eau et en sel est un sujet crucial pour éviter les problèmes liés à la déshydratation (baisse de performance et symptômes spécifiques) qui débute généralement à partir de 2% de perte de poids corporel par rapport au début de l'effort. Des recommandations de bonnes

<b>TABLEAU 2</b>		<b>Principales conditions qui altèrent le fonctionnement des glandes sudoripares</b>	
<b>Conditions</b>		<b>Médicaments</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mucoviscidose</li> <li>• Maladie d'Addison</li> <li>• Diabète</li> <li>• Sclérose multiple</li> <li>• Traumatismes locaux/médullaires</li> <li>• Brûlure sévère/greffes de peau</li> <li>• Tatouages</li> <li>• Coup de soleil</li> <li>• Dermite atopique/eczéma</li> <li>• Miliaire</li> <li>• Dysplasie ectodermique anhidrotique</li> <li>• Hyperhidrose primaire/secondaire</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agents anticholinergiques antimuscariniques</li> <li>• Inhibiteurs de l'anhydrase carbonique</li> <li>• Antidépresseurs tricycliques</li> <li>• Inhibiteurs de la cholinestérase</li> <li>• Inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine</li> <li>• Opioïdes</li> </ul>	

(Adapté de réf. 3).

pratiques existent.<sup>17</sup> La difficulté de quantifier les pertes en eau et en sel durant un long effort accroît la difficulté de gestion de l'hydratation.

### SUEUR ET ADAPTATION À LA CHALEUR

Le phénomène d'acclimatation à la chaleur représente l'ensemble des adaptations physiologiques de l'organisme, lorsqu'il est exposé à la chaleur, que ce soit au repos ou lors d'un effort physique.<sup>18</sup> Cela entraîne notamment une augmentation significative du taux de sécrétion de sueur eccrine, améliorant la tolérance au stress thermique en évacuant plus facilement la chaleur corporelle. En outre, l'acclimatation à la chaleur est généralement associée à une diminution des pertes de sel sudoral. Cette adaptation commence après 2 à 3 jours consécutifs d'exposition à la chaleur et se poursuit au fil du temps,<sup>19</sup> entraînant une diminution de perte de sodium et de chlorure sudoral pouvant atteindre 30 à 60% après 7 à 10 jours.<sup>3</sup> La maîtrise de ce phénomène est cruciale pour une performance optimale et pour limiter les risques pour la santé lors d'une activité sportive dans un environnement chaud.<sup>18</sup>

### SUEUR ET TECHNOLOGIE

Les nouvelles technologies d'analyses protéomiques et métabolomiques permettent de détecter un grand nombre de métabolites et ouvrent un champ passionnant pour la découverte de nouveaux biomarqueurs avec des applications médicales potentielles.<sup>20,21</sup> Le diagnostic et le dépistage de maladies spécifiques via l'analyse de la sueur sont un domaine prometteur dont le large champ d'applications est présenté dans le **tableau 3**. La substitution de l'analyse sanguine par

**TABLEAU 3** Biomarqueurs d'intérêts

Biomarqueurs intéressants pour la recherche, le diagnostic de certaines maladies et le suivi pharmacologique.  
 Cl<sup>-</sup>: ion chlorure; CRP: protéine C-réactive; IL1-α: interleukine 1 alpha; K<sup>+</sup>: ion potassium; Na<sup>+</sup>: ion sodium; P: phosphate; TNFα: facteur de nécrose tumorale alpha.

Champ médical	Conditions médicales	Biomarqueurs sudoraux
Médecine du sport	Déshydratation, hyponatrémie, fatigue	Débit sudoral, Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , lactate
Pneumologie	Mucoviscidose	Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup>
Endocrinologie	Diabète	Glucose
Néphrologie	Insuffisance rénale	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , P, Urée
Maladies infectieuses	Tuberculose	Complément C1q sous-unité C, Complément C1r, CRP
Immunologie	Non spécifique	IL1-α, TNFα
Neurologie	Maladie de Parkinson	Péryllaldéhyde, éicosane
Psychiatrie	Schizophrénie	Macroglobuline alpha-2, annexine 5, arginase
Oncologie	Cancer du poumon	Trisaccharide phosphate, trihexose, acide nonanedioïque
Pharmacologie	Antibiotiques	Benzylpénicilline, céfuroxime, ceftriaxone

(Adapté de réf. 21).

**FIG 2** Capteur de sueur en cours de développement à l'École polytechnique fédérale de Lausanne

Capteur de sueur en cours de développement au Laboratoire LMST de l'EPFL, dans le cadre du projet de recherche WeCare financé par le FNS.<sup>22</sup>  
 Avec l'aimable autorisation des auteurs.  
 EPFL: École polytechnique fédérale de Lausanne; FNS: Fonds national suisse; LMST: Laboratoire des microsystèmes souples.



celle de la sueur en routine clinique présenterait de nombreux avantages. En effet, cela permet une extraction non invasive, sans douleur ni risque d'infection. De plus, la récolte de sueur peut être réalisée au repos, par iontophorèse à la pilocarpine appliquée sur la peau, indépendamment d'un effort physique ou de conditions de chaleur spécifiques.<sup>15,22</sup> Un suivi continu en temps réel d'électrolytes sudoraux est possible à l'aide de nouveaux capteurs innovants.<sup>23</sup>

Cependant, l'analyse de la sueur présente plusieurs limites. Ainsi, aucune méthode de récolte n'a été démontrée comme optimale (par exemple, patches absorbants, collecteur type Macroduct);<sup>6</sup> les méthodes d'analyses sont soit limitées dans leur précision (par exemple, analyseur Horiba LAQUAtwin), soit nécessitent des appareils coûteux et peu pratiques (par exemple, chromatographie ionique, spectrométrie de masse, test immuno-enzymatique);<sup>21</sup> enfin, il n'y a pas encore de démonstrations clairement prouvées d'applications médicales, hormis le dépistage de la mucoviscidose, d'alcool ou de drogues.<sup>15,24</sup> Concernant la performance sportive (par exemple, gestion de l'hydratation, acclimatation), les applications sont encourageantes mais limitées par les contraintes citées ci-dessus.<sup>6,19,20,23</sup>

Un outil de récolte et d'analyse directe et pratique permettrait des applications très prometteuses, mais de multiples challenges demeurent.<sup>25</sup> Quelques projets de capteurs de sueur appliqués sur la peau sont en cours de développement (**figure 2**), notamment pour le monitoring (avec smartphone) de certains biomarqueurs (électrolytes, pH, lactate, etc.).<sup>21,26</sup>

### CONCLUSION

La sueur est un fluide généralement peu pris en compte en routine clinique alors qu'elle est facilement accessible et a un rôle essentiel dans l'homéostasie de la peau et du corps. Des recherches supplémentaires sont cependant nécessaires pour mieux comprendre son impact sur la santé et voir si elle peut être un indicateur médical pertinent et pratique dans des cas

spécifiques. Le développement de nouvelles technologies de diagnostic et de monitoring de la sueur pourrait permettre des avancées prometteuses dans plusieurs domaines médicaux et des sciences du sport.

**Conflits d'intérêts:** L'ensemble des auteurs participe au projet de recherche WeCare, financé par le Fonds national suisse (ID 2019-01235), hormis Sarah Norrenberg qui n'a déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

### IMPLICATIONS PRATIQUES

- La sueur est composée principalement d'eau (99%) ainsi que d'autres composants retrouvés dans le sang à de plus faibles concentrations
- Les rôles de la transpiration sont principalement la thermorégulation et le maintien de l'homéostasie de la peau
- La production et la régulation de la sueur sont très variables et dépendent de multiples facteurs individuels et environnementaux
- Diverses maladies ou conditions impliquent une perturbation de la sueur
- L'analyse et le suivi de la sueur par des outils technologiques permettent des applications médicales potentielles

- 1 Murota H, Matsui S, Ono E, et al. Sweat, the Driving Force Behind Normal Skin: an Emerging Perspective on Functional Biology and Regulatory Mechanisms. *J Dermatol Sci* 2015;77:3-10.
- 2 Murota H, Yamaga K, Ono E, Katayama I. Sweat in the Pathogenesis of Atopic Dermatitis. *Allergol Int* 2018;67:455-9.
- 3 \*\*Baker LB. Physiology Of Sweat Gland Function: the Roles of Sweating and Sweat Composition in Human Health. *Temperature (Austin)* 2019;6:211-59.
- 4 Wurzner-Ghajarzadeh A, Braconnier P, Burnier M, Pruijm M. La peau comme « troisième rein ». *Revue Med Suisse* 2019;15:418-21.
- 5 Brisard A. L'hyperhidrose : traitements et solutions. Thèse 2005; Faculté de pharmacie – Université de Nantes.
- 6 \*\*Baker LB, Wolfe AS. Physiological Mechanisms Determining Eccrine Sweat Composition. *Eur J Appl Physiol* 2020;120:719-52.
- 7 Menzinger S, Quenan S. Évaluation et prise en charge de l'hyperhidrose. *Revue Med Suisse* 2017;13:710-4.
- 8 Chia KY, Tey HL. Approach to Hypohidrosis. *J EADV* 2013;27:799-804.
- 9 Gallagher M, Wysocki CJ, Leyden JJ, et al. Analyses of Volatile Organic Compounds from Human Skin. *Br J Dermatol* 2008;159:780-91.
- 10 Sakr R, Ghsoub C, Rbeiz C, et al. COVID-19 Detection by Dogs: from Physiology to Field Application-A Review Article. *Postgrad Med J* 2021.
- 11 Jalal AH, Alam F, Roychoudhury S, et al. Prospects and Challenges of Volatile Organic Compound Sensors in Human Healthcare. *ACS Sens* 2018;3:1246-63.
- 12 McCubbin A, Costa RJS. The Impact of Dietary Sodium Intake on Sweat Sodium Concentration in Response to Endurance Exercise: A Systematic Review. *Int J Sports Sci Coa* 2018;8:25-37.
- 13 Bates GP, Miller VS. Sweat Rate and Sodium Loss During Work in the Heat. *J Occup Med Toxicol* 2008;3:4.
- 14 Inoue Y, Nakao M, Okudaira S, Ueda H, Araki T. Seasonal Variation in Sweating Responses of Older and Younger Men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70:6-12.
- 15 Castellani C, Linnane B, Pranke I, et al. Cystic Fibrosis Diagnosis in Newborns, Children, and Adults. *Semin Respir Crit Care Med* 2019;40:701-14.
- 16 Eichner ER. Genetic and other Determinants of Sweat Sodium. *Curr Sports Med Rep* 2008;7:S36-40.
- 17 Belval LN, Hosokawa Y, Casa DJ, et al. Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients* 2019;11.
- 18 Periard JD, Travers GJS, Racinais S, Sawka MN. Cardiovascular Adaptations Supporting Human Exercise-Heat Acclimation. *Auton Neurosci* 2016;196:52-62.
- 19 Buono MJ, Kolding M, Leslie E, et al. Heat Acclimation Causes a Linear Decrease in Sweat Sodium Ion Concentration. *J Therm Biol* 2018;71:237-40.
- 20 \*Hussain JN, Mantri N, Cohen MM. Working Up a Good Sweat – The Challenges of Standardising Sweat Collection for Metabolomics Analysis. *Clin Biochem Rev* 2017;38:13-34.
- 21 Brasier N, Eckstein J. Sweat as a Source of Next-Generation Digital Biomarkers. *Digit Biomark* 2019;3:155-65.
- 22 Paul B, Demuru S, Lafaye C, Saubade M, Briand D. Printed Iontophoretic-Integrated Wearable Microfluidic Sweat-Sensing Patch for On-Demand Point-Of-Care Sweat Analysis. *Adv Mater Technol-Us* 2021; doi.org/10.1002/admt.202000910
- 23 Gao W, Emaminejad S, Nyein HYY, et al. Fully Integrated Wearable Sensor Arrays for Multiplexed in Situ Perspiration Analysis. *Nature* 2016;529:509-14.
- 24 De Giovanni N, Fucci N. The Current Status of Sweat Testing for Drugs of Abuse: A Review. *Curr Med Chem* 2013;20:545-61.
- 25 Heikenfeld J. Bioanalytical Devices: Technological Leap for Sweat Sensing. *Nature* 2016;529:475-6.
- 26 Bariya M, Nyein HYY, Javey A. Wearable Sweat Sensors. *Nat Electron* 2018;1:160-71.

\* à lire

\*\* à lire absolument