

**Zeitschrift:** Macolin : revue mensuelle de l'École fédérale de sport de Macolin et Jeunesse + Sport  
**Herausgeber:** École fédérale de sport de Macolin  
**Band:** 45 (1988)  
**Heft:** 7

**Artikel:** À la recherche de l'énergie perdue : production de chaleur par l'organisme et consommation hydrique  
**Autor:** Monroche, André  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-998485>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# A la recherche de l'énergie perdue

## Production de chaleur par l'organisme et consommation hydrique

Dr André Monroche

### Les excès: l'hyperthermie

L'organisme produit de la chaleur lors de l'exercice physique. L'excès de chaleur qui en résulte, et qui s'ajoute à celle dégagée à l'état de repos, est éliminé par plusieurs systèmes complémentaires qui sont la radiation, la convection, la conduction, la perspiration (dégagement de vapeur d'eau par la peau et surtout par les poumons) et la transpiration cutanée (perte d'eau sous forme de sueur liquide).

La quantité de chaleur dégagée par l'organisme augmente bien sûr avec la charge de travail, mais également en fonction du froid et du manque d'entraînement du sportif.

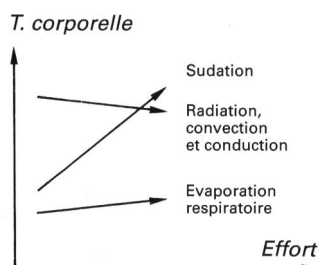
Ce surcroît de chaleur sera d'autant plus difficile à éliminer que le sujet sera gras, car le pannicule adipeux joue un rôle d'isolant thermique.

Il est bon d'insister sur le fait qu'en pratique, la sudation est le moyen le plus efficace pour faire éliminer rapidement la surproduction de chaleur, surtout en milieu sec, car l'eau est un excellent vecteur de la chaleur.

Les pertes de chaleur par les autres moyens: convection, radiation et perspiration le sont beaucoup moins, quelle que soit la puissance de l'exercice, sauf pour la convection en milieu liquide.

Le graphique ci-dessous illustre les variations de ces mécanismes en fonction de l'effort physique et de l'augmentation de la température corporelle.

Les différents modes d'élimination de la chaleur par l'organisme



Radiation: émission de rayons.

Convection: mouvement pris par un fluide sous l'influence d'une variation de température.

Conduction: transmission de proche en proche.

Une hyperthermie survient principalement chez des sujets peu entraînés, pratiquant un sport d'endurance type jogging, tennis ou squash, en ambiance chaude et saturée en eau.

De cette façon, la machine humaine produit de la chaleur en quantité très importante.

Le refroidissement de base et naturel qui évite la surchauffe ne peut se faire puisque la température extérieure est supérieure à celle de l'organisme et que la saturation en eau de l'air empêche l'évaporation pulmonaire et cutanée.

Cette augmentation de la température de l'organisme entraîne rapidement des manifestations d'intolérance qui débute par une grande fatigabilité musculaire. En l'absence de mesure adéquate, c'est-à-dire la prise immédiate de liquide, des céphalées apparaissent, la peau devient rouge et très chaude, des troubles de la vigilance surviennent. Il s'ensuit un coma pouvant engager le pronostic vital, surtout en cas de prise de certains médicaments ou même de certaines drogues qui dérèglent les centres nerveux de thermo-régulation.

Les mesures efficaces pour lutter contre l'hyperthermie sont les suivantes:

- absorber de l'eau à une température convenable entre 10° et 15°, par petites gorgées,
- s'asperger ou se faire asperger d'eau froide, éventuellement utiliser des serviettes trempées d'eau,
- retirer tout vêtement imperméable, mais à titre de prévention..., améliorer son entraînement sportif.

### Métabolisme de l'eau dans l'organisme humain et pratique sportive

Les quelque quarante litres d'eau qui se trouvent dans l'organisme sont renouvelés par l'apport hydrique global.

Ce texte, publié avec les autorisations d'usage, est un extrait du livre «Eau et Sport – pour votre santé». Tout en instruisant, il fera référence sur la qualité de l'ensemble et l'utilité qu'il y a à se le procurer.

Les autres grands chapitres de cet ouvrage:

Jeux d'eau

Dis-moi ce que tu bois

L'eau et ses richesses

Jetez-vous à l'eau!

### Comme des poissons dans cet aquarium

Ce renouvellement évoque tout à fait celui qui est nécessaire pour compenser l'évaporation de l'aquarium d'appartement. L'essentiel se passe, par conséquent, dans l'organisme. Différentes investigations modernes biochimiques en particulier, démontrent l'existence d'une quantité impressionnante d'échanges et de recyclages parfois très rapides, qui expliquent dans certains cas des situations dramatiques lors d'efforts sportifs mal préparés.

Comme dans tout bilan, il convient de déterminer avec le maximum de précision, les entrées ou apports d'eau, qui sont de l'ordre de 2,5 litres/jour, se répartissant en:

- eau de boisson (0,6 à 1,2 litre),
- eau contenue dans les aliments (1 litre),
- eau métabolique (c'est-à-dire eau libérée après l'utilisation des aliments) de 0,3 à 0,6 litre.

Ces apports peuvent être multipliés par 2 ou 3 en cas d'effort sportif intense. Ils sont régulés par le mécanisme de la soif.

Les sorties varient énormément selon que le sujet est au repos ou en activité sportive tout en retenant que les pertes intestinales sont constantes (0,1 litre/jour).

C'est ainsi que la perspiration peut passer de 0,2 à 1 litre/jour, que la sudation peut, de son côté, être multipliée par 8 ou 10 (jusqu'à 10 litres/jour) tandis que les pertes urinaires peuvent être réduites à quelques millilitres, alors qu'au repos elles sont de l'ordre de 1 litre/jour.

| ENTRÉES                                                         |             | SORTIES       |            |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|---------------|------------|
| Eau de boisson:                                                 | 0,6 à 1,2 l | Urines:       | 0,1 à 1 l  |
| Eau des aliments:                                               | 1 l         | Intestinales: | 0,1 l      |
| Eau métabolique:                                                | 0,3 à 0,6 l | Respiration:  | 0,2 à 1 l  |
|                                                                 |             | Sudation:     | 0,5 à 10 l |
|                                                                 | <hr/>       |               | <hr/>      |
|                                                                 | = 2,5 l/j   |               | = 2,5 l/j  |
| Peut être multiplié par 2 ou 3 en cas d'effort sportif intense. |             | Au repos.     |            |

## Mécanismes régulateurs de l'hydratation

### La soif: une sonnette d'alarme

Satisfaire à la soif constitue le moyen de rétablir le volume d'eau dont l'organisme a besoin.

Si pour un automobiliste la jauge d'essence est un indicateur, la soif n'intervient qu'après le moment limite pour se désaltérer.

La soif est induite notamment par des informations provenant de corpuscules appelés des volo-récepteurs, qui sont stimulés par des variations de la volhémie<sup>1</sup> (< à 1 pour cent).

Il est reconnu par ailleurs que lorsque la soif devient préoccupante, l'organisme est peu exigeant sur la qualité de l'eau à absorber... et de nombreux exemples de prises liquidiennes aberrantes font partie des anecdotes journalistiques.

### Boire: une discipline

Il est important que le sportif apprenne à boire sans soif, c'est-à-dire avant que la sensation de soif n'apparaisse, car dans le meilleur des cas, le milieu intérieur est déjà déshydraté et tous les mécanismes de compensation sont déjà mis en jeu.

Si le déficit est modéré, par exemple aux alentours de 200 ml/h, l'ingestion spontanée de liquide couvre environ 95 pour cent du besoin en eau. En revanche si le déficit augmente, l'ingestion spontanée sera de moins en moins efficace car l'absorption digestive de l'eau plafonne aux environs de 800 ml/heure.

Lorsque la perte hydrique est très importante, c'est-à-dire quand elle dépasse 2 pour cent du poids du corps, la sensation de soif tend à disparaître. Ce phénomène trompeur et paradoxal ne peut qu'aggraver la déshydratation qui passe alors inaperçue, tant de la part de l'intéressé que de l'entraîneur. C'est donc à ce dernier qu'incombe en réalité la tâche essentielle qui consiste à détecter les tout premiers signes de la déshydratation de ses sportifs, et de faire compenser le déficit hydrique avant qu'il ne soit trop tard.

### Il faut éliminer

Les sorties liquidiennes sont quasi automatiques et la volonté de l'être humain n'a que peu d'action en la matière. La rétention d'urine dans la vessie par exemple n'a jamais retardé la déshydratation!

En revanche la régulation des sorties se fait au niveau des reins, dont le fonctionnement de base correspond à 20 pour cent du débit cardiaque. Cette régularité se fait par un double mécanisme hormonal:



*Boire un petit coup c'est agréable certes, mais aussi nécessaire.*

- l'un sous la dépendance de l'hormone antidiurétique (ADH ou AHD) sécrétée par l'hypophyse postérieure, qui permet de concentrer ou de diluer les urines, ceci en fonction des renseignements émanant des osmo et des volo-récepteurs et parfois par le simple stress comme chez le sujet entraîné ou encore la douleur, voire la simple sensation de chaleur,
- l'autre sous la dépendance de l'aldostérone sécrétée par le cortex surrénal qui provoque la réabsorption du sodium par les tubules rénaux, et par voie de conséquence, entraîne la réabsorption de l'eau dans l'organisme.

Ce mécanisme, qui tend à diminuer le flux sanguin rénal au cours des efforts physiques, est complété par des pertes sudorales qui peuvent être considérables comme nous l'avons déjà évoqué.

Ainsi, les mouvements de l'eau dans l'organisme pendant l'exercice physique se modifient sensiblement, les uns s'accroissent, d'autres apparaissent, tandis que certains diminuent ou même s'arrêtent.

Une connaissance aussi précise que possible de ces mouvements d'eau qui s'intègrent dans des cycles métaboliques complexes est nécessaire afin de déterminer les conditions d'accès les plus favorables à la forme physique et même psychologique.

Il est à remarquer que si la compensation hydrique est insuffisante pendant l'effort physique, la diminution importante du débit rénal perturbe les mécanismes d'épuration de l'organisme et dans les cas extrêmes le rein peut être en déficience fonctionnelle.

Cette situation entraîne une rétention de catabolites qui émanent du travail

musculaire et qui se comportent comme de redoutables toxiques, source de crampes, de courbatures, et de fatigabilité musculaire, ce qui est souvent observé lors d'épreuves d'endurance (jogging, marathon, course de montagne, rugby, football, pelote basque...).

La déshydratation, entraînée par les efforts sportifs, a souvent d'autres conséquences dont certaines peuvent être fatales pour la performance et surtout pour l'organisme.

C'est ainsi que l'on observe quelquefois des phénomènes similaires à ceux constatés en cas d'hyperthermie pure, par exemple:

- un certain état d'obnubilation, avec diminution de la vigilance et de la vision, est souvent très préjudiciable dans une épreuve sportive à haut risque, telles les courses automobiles, le ski de descente et l'alpinisme. Des vêtements modernes imperméabilisés peuvent accélérer ce processus morbide,
- une perturbation, parfois difficile à détecter des gestes sportifs automatiques, se produit quelquefois chez les escrimeurs,
- une diminution de la force musculaire est constatée dans les sports de force, tels que l'haltérophilie ou les sports de combat comme la boxe,
- enfin sur le plan biologique, du fait de la diminution des volumes sanguins, une augmentation de la viscosité sanguine peut entraîner des accidents cardio-vasculaires gravissimes (collapsus par exemple).

Ces phénomènes souvent insidieux s'installent en général à l'insu du sportif non averti. C'est par conséquent au sujet lui-même, par un effort d'information et

<sup>1</sup> Masse du sang circulant et du sang immobilisé dans les réservoirs sanguins.

à son entourage, d'en prévenir l'apparition surtout lorsque la température ambiante est supérieure à 25° et que le degré hygrométrique dépasse les 75 pour cent...

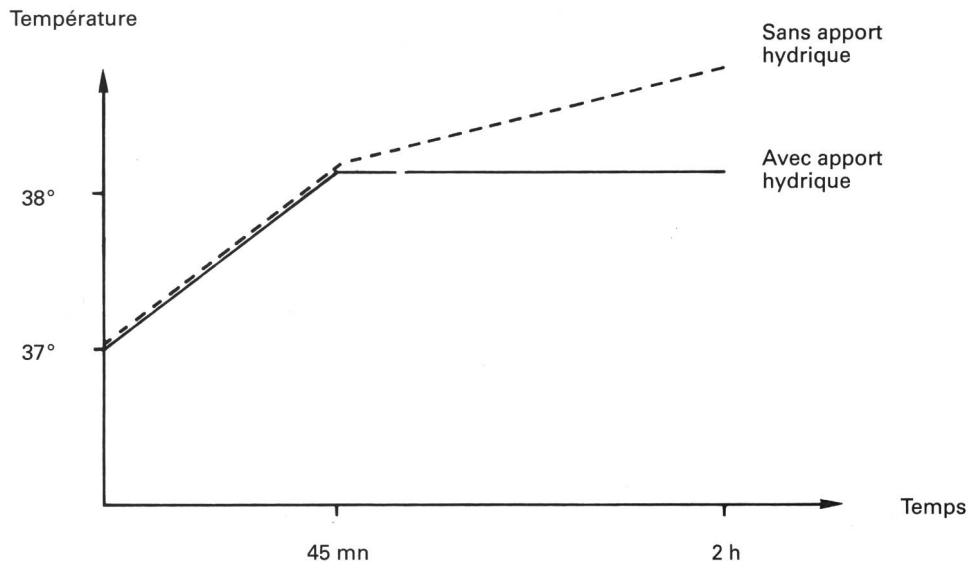
### Quelques effets moins connus de la déshydratation

La mesure de la température rectale des coureurs de fond, lors d'expérimentations, a permis de montrer que la température cesse de croître à partir de la 45e minute chez les coureurs qui compensent leur hydratation dès le début de l'épreuve, alors que les autres ont une température qui continue à croître jusqu'à l'épuisement (cf. figure ci-contre, d'après Coote de Philadelphia).

D'autres paramètres ont été mesurés sur le plan cardio-vasculaire. Ils permettent de comparer la façon dont le sportif s'épuise sous l'influence de la déperdition hydrique. C'est ainsi que si la fréquence cardiaque augmente, le débit cardiaque diminue car le volume d'éjection de sang à chaque contraction des ventricules diminue d'autant plus que le sujet se déshydrate.

Ces phénomènes de déshydratation sont majorés suivant les conditions climatiques. Par exemple:

- la perte hydrique est surtout importante lorsque le vent intervient (vélo, voile, moto...) par accentuation de la transpiration,
- la déshydratation en hiver est redoutable car elle diminue la résistance au froid (ski de fond, patinage...),
- l'altitude majore la déshydratation en raison de l'hyperventilation provoquée par la diminution de l'oxygène de l'air respiré (surtout au-delà de 3000 m d'altitude).



A côté de ces manifestations liées à un déficit immédiat plus ou moins important, il faut mettre à part les *déficits chroniques en eau*, générateurs de perturbations différentes, mais parfois aiguës.

Les plus connus sont représentés par les crises de *goutte*. Cette affection spectaculaire survient en général après la quarantaine, au lendemain d'un repas copieux et se manifeste par une douleur aiguë qui débute habituellement au gros orteil. La cause en est la surcharge de l'organisme en acide urique qui entraîne la formation de micro-cristaux. Ces micro-cristaux irritent certains tissus dans les articulations, la synoviale en particulier, qui se congestionne et s'enflamme.

Si les traitements modernes arrivent facilement à venir à bout de ces crises aiguës ainsi qu'à diminuer d'une façon sensible la quantité d'acide urique dans

le sang, le régime hydrique joue un grand rôle pour diluer l'acide urique et empêcher aussi la formation de micro-cristaux si l'eau de boisson est alcalinisée...

Moins connues sont des affections du même type, qui peuvent s'observer également chez les sportifs de la quarantaine. Ce sont les crises par exemple de *chondrocalcinose* articulaire pouvant donner un tableau similaire à celui de la goutte aiguë, dues elles aussi à une congestion autour de micro-cristaux de calcium ou de fer. Un état diabétique ou paradiabétique peut être un facteur favorisant. Dans tous les cas une déshydratation chronique entre en ligne de compte.

Beaucoup plus insidieuses et encore peu connues sont toutes les douleurs musculo-ligamentaires et tendineuses, étiquetées: *tendinites*, *myalgies chroniques*, qui s'observent fréquemment chez des sportifs insuffisamment hydratés et qui l'ignorent le plus souvent<sup>2</sup>. Cet état favorise des incidents ou des accidents plus sérieux, tels que entorses, claquages musculaires, voire fractures, en raison de la plus grande fatigabilité de l'appareil locomoteur. Certes, chaque sport entraîne des contraintes ostéo-articulaires particulières mais avant de proposer un traitement local ou symptomatique, il convient dans tous les cas de vérifier que le sportif s'hydrate correctement, en comparant notamment son poids de forme et son poids du moment.

Ces déficits chroniques en eau atteignent tous les grands appareils de l'organisme. Les crises aiguës sont relativement rares par rapport aux nombreuses manifestations de méforme difficiles à définir dues seulement au déficit hydrique et dont les aspects varient énormément d'un cas à l'autre.



Le déséquilibre hydrique, un danger à éviter en toutes circonstances.

<sup>2</sup> Les tendons se trouvent en effet fragilisés par les dépôts de micro-cristaux dont l'origine se trouve en partie dans des excès alimentaires à base de viande ou de pâtisserie.

## La sueur: gouttes et gouttelettes

La sueur est produite par l'organisme au repos à partir d'une température de 12° environ. Sa production est continue à partir de 2 à 5 millions de glandes sudoripares plus ou moins fonctionnelles. La commande est d'origine nerveuse (hypothalamus) et la sécrétion sudorale est en relation linéaire avec la température centrale de l'organisme.

C'est un liquide transparent, incolore, de PH acide, ayant parfois une odeur pé-

### L'EAU MÉTABOLIQUE ou le devenir de la bosse du chameau

*L'eau métabolique est en quelque sorte une eau produite par l'organisme. Il en est ainsi chez les camélidés.*

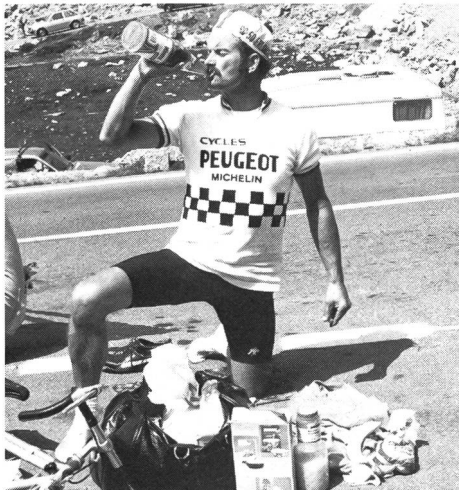
*La production de cette eau est d'autant plus importante que le métabolisme énergétique est élevé du fait de la dégradation des substances qui sont par ailleurs plus ou moins oxydables.*

*Le sportif peut donc compter sur cette eau métabolique, véritable eau lustrale, même si l'origine de ses sources reste encore mystérieuse car difficilement explorable.*

*La qualité de la boisson et de l'alimentation intervient dans la production de l'eau métabolique qui varie selon l'intensité, la durée, le degré de l'entraînement et le type de l'activité physique.*

*C'est ainsi que le matériel nutritif disponible n'est pas le même selon que l'on est au début ou à la fin de l'effort, selon le type de sport (endurance ou résistance) et même des groupes musculaires utilisés (la répartition du glycogène musculaire par exemple est différente entre les muscles des membres supérieurs et inférieurs!). On peut se rendre compte des progrès qu'il reste à faire dans le domaine de la recherche sur l'eau métabolique et de l'eau tout court...*

*Cette production d'eau s'intègre dans un processus plus général de mouvements liquidiens intercompartimentaux où des appels d'eau de l'interstitium musculaire peuvent être à l'origine de tensions musculaires douloureuses appelées aussi courbatures. Ces phénomènes s'observent essentiellement chez les sujets peu entraînés, ou à la suite d'efforts intensifs. Un bon entraînement et la prise d'eau légèrement salée combattent facilement cette déshydratation des échanges intercompartimentaux.*



Une halte «eau-raire» bienvenue.

nétrante. Elle contient 90 pour cent d'eau, 1,5 pour cent de composés inorganiques à base de chlorure de sodium, d'iode, de potassium, calcium, magnésium... et 0,5 pour cent de composés organiques comprenant des acides gras volatiles et de l'urée.

La transpiration produite par l'organisme augmente à l'occasion d'efforts physiques, plus rarement intellectuels, ou à la suite d'un choc émotionnel. Par rapport aux autres liquides de l'organisme la sueur est assez diluée. Sa concentration en chlorure de sodium par exemple, est 3 fois moins importante que dans le plasma sanguin. La sudation fait perdre par conséquent davantage d'eau que de sel et provoque une élévation de la concentration des sels minéraux de l'organisme.

Il est intéressant de noter que la sueur des sujets acclimatés à la chaleur ou celle des athlètes très entraînés est plus

diluée que celle des sportifs non entraînés, comme si l'organisme s'adaptait en prenant des mesures d'économie.

Ces observations permettent de suggérer aux sportifs une compensation essentiellement hydrique et faiblement minéralisée en période d'effort unique ou répété. La compensation minérale pouvant être plus tardive.

Les pertes sudorales, qui peuvent atteindre des niveaux considérables, varient également suivant les latitudes. C'est ainsi que si en France, même au cours d'un effort poussé, l'élimination d'eau ne dépasse jamais 2 à 3 litres/heure, au Mexique, lors du dernier Mondial par exemple, les pertes hydriques ont pu atteindre jusqu'à 6 à 7 litres/heure.

On distingue trois mécanismes différents de la sudation:

- le premier est le périphérique: il est réflexe: le stimulus se situe au niveau des thermo-récepteurs cutanés sensibles à la chaleur. Ce stimulus est transmis aux centres nerveux qui, par les nerfs sympathiques, commandent la sécrétion;
- le deuxième est central: il se produit quand la température du corps s'élève, même si éventuellement celle de la peau reste identique. Ce phénomène peut se rencontrer si le sujet inhale de l'air chauffé ou des boissons très chaudes. On peut même observer une sudation réactionnelle qui est due à la stimulation des mêmes centres nerveux que précédemment;
- le troisième, enfin, est d'origine psychique: l'émotion par exemple peut entraîner une sudation des extrémités (mains moites), soit une sudation généralisée (sueurs froides...). ■

