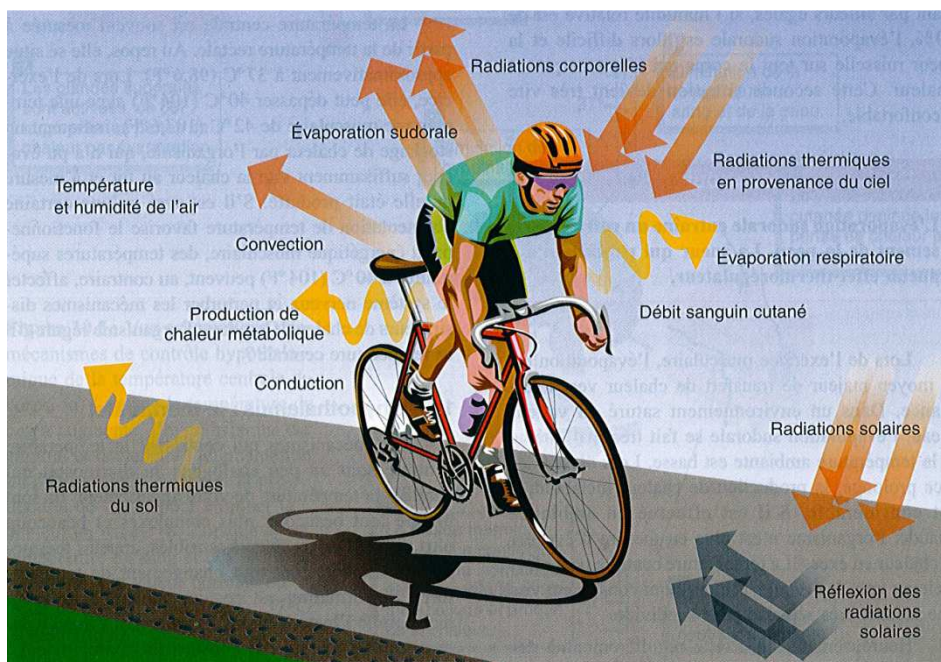


## Apprenez à apprivoiser la chaleur

Par Yann Le Meur & Christophe Hausswirth, chercheurs à l'INSEP

Comme chacun sait, s'entraîner ou participer à une compétition dans une ambiance thermique chaude engendre un challenge particulier pour le sportif. Dans cette circonstance, la dissipation de la chaleur accumulée par son organisme peut alors devenir un facteur limitant supplémentaire de sa performance. En conditions d'exercice tempérées ou froides, la chaleur produite par les muscles est principalement libérée de la peau vers l'environnement par convection, grâce aux déplacements de l'air autour du sportif en action. Lorsqu'il fait chaud, la thermolyse devient majoritairement assurée par l'évaporation de la sueur (Figure 1). Le niveau de performance peut alors être dégradé par l'atteinte d'une température corporelle élevée (on parle d'hyperthermie) mais ce phénomène est particulièrement prévalent lorsque le sportif est déshydraté. L'acclimatation à la chaleur et la mise en place de stratégies hydriques justifient dans ce type de contexte tout leur intérêt, au même titre que l'hydratation et des stratégies nouvelles de refroidissement avant et pendant l'effort. De manière plus surprenante, des études scientifiques ont mis en évidence récemment que l'entraînement en chaleur pourrait aussi s'avérer très efficace lorsqu'il s'agit de performer... dans une ambiance tempérée! Eclairage.



**Figure 1** : Les échanges de chaleur peuvent se faire de quatre façons: par conduction, convection, radiation et évaporation. Pendant l'exercice, l'évaporation est la voie essentielle de perte de chaleur pour l'organisme, tout particulièrement lorsque la température ambiante atteint ou dépasse celle de la peau.

## **Se préparer à performer dans le chaud: mode d'emploi**

Même avec une stratégie d'hydratation optimale, l'hyperthermie peut se développer et perturber la performance. La fatigue observée lors d'une épreuve physique disputée dans le chaud est associée à des perturbations cardiovasculaires mais il apparaît que des facteurs impliquant le cerveau lui-même sont aussi responsables de la dégradation de la performance motrice en milieu chaud. Concrètement, la fatigue induite par hyperthermie semble provenir de la combinaison de mécanismes concernant le muscle mais aussi la commande nerveuse, avec une contribution relative de ces origines qui varient selon l'épreuve réalisée et les conditions environnementales d'exercice. Tandis que la fatigue centrale semble principalement impliquée lors d'épreuves de longue durée réalisées à faible intensité (entre 50 et 80% de  $VO_{2max}$ ) dans des environnements très chauds ( $>35^{\circ}C$ ), la baisse de performance pour les exercices de plus haute intensité semble davantage expliquée par des perturbations cardiovasculaires qui réduisent la consommation maximale de l'oxygène ( $VO_{2max}$ ).

Indépendamment des causes physiologiques qui expliquent la dégradation du niveau de performance en ambiance chaude, ces effets délétères de la chaleur sur l'organisme peuvent être réduits grâce à la mise en place de certaines stratégies. Celles-ci peuvent être répertoriées en termes de stratégies à court terme (aspects comportementaux) et de stratégies adaptatives à moyen terme (acclimatation). Si l'hydratation constitue évidemment l'une des clés du succès pour performer, d'autres facteurs qui concernent la gestion de l'effort et l'emploi de moyens de refroidissement externes peuvent aussi jouer un rôle décisif.

L'entraînement en ambiance chaude est un élément clé de la préparation d'une compétition réalisée dans la chaleur, même si cette stratégie impose certains compromis. Ce type d'entraînement accroît le stress imposé par l'exercice et réduit le niveau d'intensité que peut soutenir l'athlète. Aussi, bien que le stress cardiovasculaire (indiqué par exemple par l'élévation des valeurs de fréquence cardiaque à l'exercice) soit accru, la resynthèse de l'ATP, la molécule-clé de l'énergétique musculaire, est par contre réduite. Le sang oxygéné devant être redistribué davantage vers la peau pour assurer la dissipation de la chaleur, la perfusion des muscles actifs peut être réduite, contribuant de la sorte à une baisse de la consommation maximale d'oxygène par rapport à sa valeur en conditions thermiques neutres. Dans cette perspective, la meilleure stratégie lors d'un stage d'entraînement réalisé en milieu chaud semble être de combiner des sessions d'entraînement privilégiant un travail de "qualité", réalisé à haute intensité dans une ambiance fraîche (à condition que cela soit possible), avec des sessions d'entraînement à faible intensité en ambiance chaude, qui semblent suffisantes pour engendrer les adaptations physiologiques à la chaleur tout en demeurant tolérables et ainsi permettre de ne pas modifier la charge d'entraînement habituelle de l'athlète.

## **Adaptations physiologiques à l'acclimatation à la chaleur**

L'acclimatation est induite par des expositions répétées à la chaleur qui engendrent un stress suffisant pour élever les températures centrale et cutanée et provoquer un débit sudoral important. L'acclimatation peut de la sorte être réalisée de manière passive ou active puisque les adaptations physiologiques restent identiques dans les deux cas: le volume plasmatique, la perfusion cutanée et la réponse des glandes en charge de la production de sueur augmentent en réponse à l'élévation de la température corporelle. Toutefois, l'exposition passive ne provoque logiquement aucun stress

d'exercice, ce qui peut conduire au désentraînement si le sportif ne maintient pas une charge de travail suffisante. Par ailleurs, il convient de souligner que le simple fait de vivre en milieu chaud ne suffit pas à s'acclimater à la chaleur, dès lors qu'on vit principalement sous air conditionné ou que l'entraînement est systématiquement réalisé tôt ou tard dans la journée, alors que la température ambiante est redescendue à un niveau insuffisant pour engendrer un véritable stress thermique. L'entraînement doit ainsi être réalisé à une intensité et à une heure de la journée où la combinaison de ces deux paramètres est suffisante pour provoquer une élévation significative de la température corporelle (au minimum 1°C au-dessus de la température corporelle normale de repos).

Différentes approches ont démontré leur efficacité pour atteindre les principales adaptations recherchées dans le contexte d'une acclimatation à la chaleur, à savoir l'augmentation du débit sudoral, la baisse du contenu de la sueur en sodium et l'expansion du volume plasmatique. Par exemple, une étude ancienne menée par l'équipe du Pr. Nielsen en 1993 (4) a montré que 10 jours d'entraînement réalisés à 60% de  $VO_{2max}$  provoquant une élévation de la température corporelle à ~40°C (soit de 40 à 70 minutes d'exercice quotidien) étaient suffisants pour rendre l'acclimatation effective. De même, plus récemment, des scientifiques américains de l'US Army et de l'Université d'Oregon ont montré qu'une 1h30min d'exercice à faible intensité (à peine 50% de  $VO_{2max}$ !) suffisait à acclimater à la chaleur des cyclistes très entraînés. A l'issue de ces 10 jours, leur  $VO_{2max}$  avait ainsi augmenté de 8% sous 41°C. Sept à dix jours d'acclimatation à raison d'une heure par jour d'exercice modéré en ambiance chaude semblent ainsi suffisants mais aussi indispensables pour se préparer à une compétition réalisée dans un environnement chaud.

Selon le sport pratiqué et le niveau de performance de l'athlète, la température ambiante requise pour parvenir à une acclimatation complète peut varier. L'idéal serait de pouvoir s'assurer que le stress thermique imposé au sportif est suffisant pour élever sa température corporelle à un niveau qui enclenche une réelle réponse physiologique adaptative. Dans la pratique, ceci n'est évidemment pas possible en routine, c'est pourquoi il est nécessaire de trouver des méthodes alternatives. Le suivi de la fréquence cardiaque à l'exercice peut dans ce contexte apporter des indications très utiles. Au début de la séance d'entraînement, la fréquence cardiaque augmente en fonction de l'intensité de l'exercice qu'il fasse chaud ou non, mais elle dérive progressivement alors que l'hyperthermie se développe, lorsque l'exercice est réalisé dans une ambiance chaude. Ce phénomène, appelé dérive cardiaque, peut s'expliquer par l'augmentation de la perfusion des régions cutanées au cours de l'effort. Tandis que l'exercice se prolonge, la température corporelle s'accroît, ce qui active de plus en plus les mécanismes de thermolyse, dont celui de la sudation. Le cœur doit alors augmenter progressivement son travail pour à la fois continuer à alimenter les muscles actifs en oxygène mais aussi augmenter le débit cutané afin de limiter l'effet "cocotte-minute". Cet effet est amplifié lorsque l'athlète est déshydraté puisque le volume plasmatique, et donc le volume de sang global, diminue en raison des pertes liées à la sueur. Le cœur se remplit alors moins, de sorte que pour maintenir son débit constant, il doit compenser la baisse de la quantité de sang qu'il expulse à chaque systole (le volume d'éjection systolique) par une plus grande fréquence de contraction. Le Pr. Gonzalez-Alonso, référence mondiale dans le domaine de la physiologie de l'exercice en milieu chaud, rapporte par exemple que la fréquence cardiaque peut approcher sa valeur maximale en cas d'hyperthermie sévère, pour des intensités d'exercice aussi faible que 50 à 60% de la puissance maximale aérobie (3)! Ainsi, quand bien même des séances à faible intensité peuvent suffire pour que l'acclimatation à la chaleur soit complète, la perception de l'effort peut s'avérer largement plus élevée qu'en conditions d'exercice neutres alors que l'hyperthermie s'installe. Pour les séances d'acclimatation à la chaleur,

une approche simple à mettre en place pourrait être la suivante: débiter l'exercice à une intensité qui provoque l'élévation de la fréquence cardiaque à environ 60% de sa valeur maximale après 5 minutes d'effort et pour laquelle la difficulté perçue reste faible (3 à 4 sur une échelle de 1 à 10; 1 représentant une difficulté minimale et 10 la difficulté maximale tolérable par le sportif). Durant la première session d'acclimatation, maintenir cette intensité grâce à des repères fiables en termes de vitesse de déplacement ou de puissance développée jusqu'à ce que la fréquence cardiaque se rapproche de 10 à 15 battements de sa valeur maximale et que la perception de l'effort devienne très élevée (8 à 9 sur la même échelle). Si l'ambiance thermique est suffisamment contraignante, ceci prend en général entre 40 et 60 min (un habit peut être éventuellement ajouté si la chaleur est insuffisante). Lors des séances suivantes, la dérive de la fréquence cardiaque doit être plus lente (si bien sûr l'intensité d'exercice est strictement contrôlée et reproduite) et la durée des sessions d'entraînement doit progressivement être allongée pour que l'athlète atteigne les valeurs de fréquence cardiaque et de difficulté d'effort perçue ciblées. Il est aussi possible d'accroître progressivement l'intensité d'exercice tout en respectant la même procédure. Dans ce cas-là, l'athlète devra être capable de maintenir la durée d'exercice initiale (~40 à 60 minutes) sans dépasser les critères de validation de l'exercice (fréquence cardiaque et difficulté perçue). Il ne semble toutefois pas intéressant de mener les séances d'entraînement jusqu'à épuisement étant donné qu'aucune adaptation physiologique supplémentaire ne semble alors induite et que la fatigue associée à ce type de séances peut s'avérer très importante et augmenter les risques de surmenage. Eventuellement, il pourra s'avérer utile de mener ponctuellement un entraînement jusqu'à l'épuisement volontaire pour aider l'athlète à mieux identifier son ressenti et ses limites en conditions de chaleur pour l'aider à mieux gérer son allure en compétition, mais de cela nous reparlerons plus tard.

L'objectif d'une phase précompétitive d'acclimatation est de retarder l'hyperthermie lors de la réalisation d'un exercice en ambiance chaude grâce à une plus grande sudation à l'exercice, à l'amélioration de la perfusion cutanée, à la baisse de la concentration de la sueur en sodium et en électrolytes, ce qui peut s'avérer particulièrement intéressant lors d'épreuves de longue durée, durant lesquelles les pertes en électrolytes peuvent être telles qu'elles compromettent le niveau de performance. Additionnées les unes aux autres, ces adaptations peuvent finalement nettement influencer le niveau de performance du sportif en conditions chaudes. Concrètement, dans le contexte d'épreuves réalisées à une intensité élevée (supérieure à 80% de  $VO_{2max}$ ), l'amélioration de la capacité de thermolyse permet de mieux dissiper la chaleur et donc d'atteindre de plus hautes intensités sans que cela n'engendre d'hyperthermie. Dans l'étude américaine mentionnée précédemment, une augmentation de 8% de la performance lors d'un test maximal d'une heure dans une ambiance à 41°C avait par exemple été rapportée après seulement 10 jours d'acclimatation. Il convient toutefois de souligner que les plus grands bénéfices de l'acclimatation à la chaleur sont observés lorsqu'il s'agit de préparer une performance en ambiance chaude et sèche. Les adaptations physiologiques induites par l'acclimatation sont en effet minorées dans le contexte d'une compétition disputée en ambiance chaude et très humide, étant donné que la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant réduit alors considérablement l'évaporation de la sueur vers l'environnement. Contrairement à la pensée communément admise, ce n'est en effet pas la sudation en elle-même qui favorise la thermolyse mais l'évaporation de la sueur. Ceci explique au passage pourquoi il convient de toujours veiller à conserver une tenue sèche lors d'une compétition disputée dans la chaleur. A

défaut, une tenue imbibée de sueur représente la voie rêvée vers l'hyperthermie. Adieu donc le bon vieux tee-shirt en coton!

### **L'acclimatation à la chaleur: une nouvelle stratégie pour améliorer son niveau de performance en endurance ?**

Au regard de l'ensemble des évidences rapportées jusqu'ici, il est aujourd'hui indiscutable que l'acclimatation à la chaleur est profitable au sportif lorsqu'il doit se préparer à réaliser une performance dans le chaud. Toutefois, une étude très récente menée par le docteur Lorenzo et ses collaborateurs a montré que ces bénéfices pourraient aussi se retrouver lorsqu'il s'agit d'être performant dans une ambiance neutre. Ces chercheurs ont en effet rapporté que la consommation maximale d'oxygène, la performance lors d'une épreuve cycliste d'une heure et le seuil lactique mesurés en ambiance neutre (13°C) étaient améliorés d'environ 5% chez des cyclistes très entraînés ( $67 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) après 10 jours d'acclimatation à la chaleur! Ce résultat est apparu d'autant plus intéressant que la progression de l'ensemble de ces facteurs de performance était constatée quasi-systématiquement pour tous les sujets. Un tel résultat ferait rêver n'importe quel entraîneur, tant il devient casse-tête de continuer à faire progresser un athlète déjà très entraîné. A l'échelle d'une période si courte (seulement 10 jours), cela semblerait même relever de la parfaite utopie! Ces résultats prometteurs ont depuis été confortés par une étude publiée en 2012 par des scientifiques Néo-zélandais et Australiens auprès cette fois encore de sportifs très entraînés (2). Lors de celle-ci, huit rameurs se sont entraînés durant une phase d'affûtage pré-compétitif pendant 90 minutes par jour dans une ambiance à 39,5°C et 60% d'humidité. Durant ces séances d'entraînement, les rameurs n'avaient pas le droit de boire, dans l'espoir que le stress engendré potentialise les effets de ce mini-stage en milieu chaud. A l'issue de ces cinq jours, la performance lors d'une épreuve de 2-km simulée avait augmenté chez tous les rameurs, d'une moyenne de 4 secondes. Dans chacune de ces études, l'expansion du volume plasmatique constatée à l'issue de la phase d'acclimatation à la chaleur (sans augmentation concomitante de la masse en globules rouges) était avancée pour expliquer ces résultats très prometteurs. Des travaux plus anciens avaient en effet déjà suggéré dans les années 80-90 que cette adaptation physiologique peut contribuer à l'amélioration de la performance aérobie chez des sujets entraînés. En revanche, l'expansion du volume plasmatique n'aurait pas d'effet sur l'amélioration de la performance chez des athlètes Elite. De futurs travaux devront donc déterminer si les bénéfices de l'acclimatation à la chaleur sur la performance aérobie en ambiance neutre se retrouvent chez des athlètes de haut niveau en endurance. Il s'agira alors aussi d'identifier si d'autres facteurs adaptatifs peuvent potentiellement expliquer les gains en termes de performance, associés à une telle stratégie d'entraînement. De même, de prochains travaux devront déterminer si favoriser l'instauration d'un état de déshydratation important permet de maximiser ces adaptations physiologiques, à l'image du travail à jeun entrepris par les coureurs de marathon Kenyans dans l'espoir de booster les adaptations métaboliques du muscle.

## Et voici l'entraînement sous infrarouges!

Une fois compris l'intérêt de l'entraînement en chaleur, de nombreuses questions logistiques peuvent cependant se poser. Dans le contexte d'une compétition disputée en milieu chaud, le plus simple semble de se rendre sur place dix jours avant que celle-ci n'ait lieu. Cependant, cela n'est pas toujours forcément réalisable pour des raisons organisationnelles ou financières



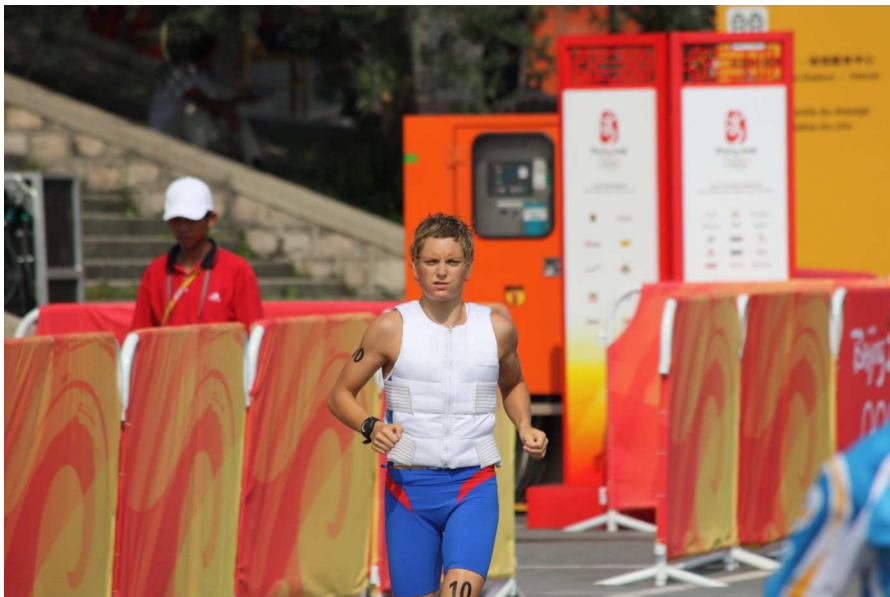
C'est dans cet esprit que deux passionnés de sport niçois ont eu l'idée de concevoir une chambre d'entraînement à la chaleur, la thermo-training room®, dont le concept n'est pas sans rappeler celui des chambres hypoxiques qui permettent de simuler la vie en altitude. Equipées de panneaux infrarouges, ces chambres permettent au sportif de s'entraîner dans une ambiance chaude sans l'obliger à se déplacer sous les tropiques pour obtenir un soleil garanti.

Plusieurs sportifs de haut niveau en sont d'ailleurs d'ores et déjà fans, à l'image d'Elodie Lorendi, multiple médaillée lors des Jeux Paralympiques de Pékin et Londres en natation ou encore de Benjamin Fall, international du XV de France. "M'entraîner dans la chambre me permet de ne pas exploser lors des matchs disputés sous forte chaleur, que ce soit lors des matchs du Top 14 ou des déplacements à l'étranger." explique ce dernier avant de poursuivre "J'intègre aussi régulièrement des séances d'entraînement dans le cadre habituel de ma préparation physique. M'entraîner sous forte chaleur me donne l'impression d'en faire davantage et surtout je me sens super bien sur le terrain après". Marlène Broggi, pilote automobile d'endurance dans la catégorie GT3, utilise pour sa part cette nouvelle technologie pour simuler la chaleur à laquelle elle est exposée en compétition. Deux fois par semaine, elle réalise ainsi un entraînement fractionné à 40°C, "principalement pour apprendre à rester lucide dans ce type de condition, que l'on retrouve en compétition durant plusieurs heures dans l'habitacle de la voiture". Il s'agira d'attendre encore quelques années pour voir si le développement de ce nouveau concept d'entraînement trouvera le même écho que les chambres hypoxiques qui équipent désormais la plupart des grands centres d'entraînement internationaux. En France, la réponse est d'ores et déjà toute trouvée puisque l'INSEP s'en est équipé dès la fin 2013.

## Ou comment rester au frais durant les compétitions sous forte chaleur...

Quand bien même il est certain que l'exposition à la chaleur et l'élévation des températures corporelles sont essentielles pour se préparer à la compétition, la logique s'inverse totalement le jour de l'épreuve-objectif. Le souci majeur devient alors de prévenir l'instauration de l'hyperthermie. De nombreuses stratégies de refroidissement se sont progressivement développées dans le but d'être mises en place avant (*pre-cooling*) et pendant la compétition (*cooling*). La stratégie la plus

couramment répandue consiste à consommer des boissons fraîches: leur ingestion a un effet direct sur la réduction de la température centrale et elle permet de lutter contre la déshydratation, qui comme nous l'avons vu, accroît les effets délétères de l'hyperthermie. D'autres stratégies peuvent venir compléter les stratégies hydriques comme le port de vestes de froid par exemple (Figure 2). Lors du dernier championnat d'Europe de football, l'Equipe de France avait par exemple utilisé cette technologie récente lors des échauffements et des mi-temps des matchs pour aider les joueurs à mieux tolérer la chaleur écrasante qui régnait alors en Ukraine et en Pologne. L'idée fondatrice de ces vestes est de retarder l'atteinte d'une température critique, qui compromet le niveau de performance du sportif. En réduisant la température corporelle lors de l'échauffement, sans pour autant empêcher les adaptations cardiovasculaires et musculaires recherchées, on optimise ainsi la préparation à la performance. En 1999, le Pr. Gonzalez-Alonso, avait ainsi déjà montré qu'il est possible d'influencer significativement la performance en milieu chaud en manipulant la température corporelle avant le début de l'épreuve. A l'époque, ce scientifique avait mis en évidence qu'en immergeant des cyclistes dans des bassins d'eau dont la température était modulée de sorte à atteindre des températures corporelles de 36, 37 ou 38°C respectivement, leur temps de soutien d'une puissance de 260W variait de 31 à 56min pour les conditions *pre-cooling* (36°C) et *pre-heating* (38°C), respectivement. Une différence de près de 80%! Dans la pratique, il semble que si l'épreuve compétitive ne nécessite pas d'adopter un départ rapide, comme c'est le cas par exemple lors d'un marathon, le *pre-cooling* pourra être plus sévère. On pourra alors multiplier les stratégies, par exemple en portant une veste de froid, en ingérant de la glace pilée et en consommant une boisson d'attente fraîche. Lors d'épreuves plus courtes et plus intenses comme un 5km, il s'agira davantage de trouver un compromis entre l'élévation de la température musculaire nécessaire à un départ rapide et le maintien de la température centrale à un niveau suffisamment bas pour éviter le développement d'un état d'hyperthermie lors de la course.



**Figure 2 :** La triathlète française Carole Péon, lors de son échauffement lors des Jeux Olympiques de Pékin portait une veste de froid pour mieux se préparer à la chaleur ambiante régnant le jour de sa course.



## **Rien ne sert de courir (trop vite)... il faut partir à point!**

Un autre facteur décisif de l'optimisation de la performance en ambiance thermique chaude concerne le choix d'une stratégie d'allure adéquate. Si la gestion de l'effort est un facteur déterminant de la performance dans tout type d'environnement, il convient néanmoins d'être tout particulièrement attentif à celle-ci lors des compétitions pratiquées en milieu chaud, durant lesquelles partir en surrégime peut s'avérer rapidement catastrophique! Aujourd'hui, il est assez bien décrit qu'un sportif régule son engagement principalement en fonction de l'évolution de la difficulté d'effort qu'il perçoit au cours de l'épreuve et en fonction de l'évolution dont il a l'expérience sur ce même type d'épreuve. La perception de l'effort varie ainsi principalement en fonction des feedbacks que renvoient le système cardiorespiratoire et les muscles actifs en lien avec leur production d'énergie, l'accumulation des métaboliques (lactate, ions  $H^+$ , etc.), etc. Cependant, dans la chaleur, ces repères habituels sont largement perturbés et l'élévation de la température corporelle joue alors un rôle prépondérant pour la performance. Si l'athlète n'ajuste pas son engagement en conséquence, l'hyperthermie se développe avec des conséquences rapidement désastreuses sur la performance. La meilleure stratégie consiste donc une nouvelle fois à s'habituer à l'exercice en chaleur et notamment à identifier ses limites en termes de ressenti en conditions chaudes pour mieux détecter l'approche d'une température critique.

## **Optimisez vos stratégies hydriques**

Réaliser une performance dans la chaleur accroît considérablement les pertes hydriques et la fuite des électrolytes contenues dans la sueur. Une baisse de la masse corporelle pourrait potentiellement être profitable pour la performance dans les activités où il faut dépenser de l'énergie pour lutter contre la gravité, telles que la course à pied par exemple. Cependant, ce bénéfice est largement contrebalancé par les effets délétères de la déshydratation qui accélère l'instauration de l'hyperthermie. Plus on est déshydraté, plus la température corporelle s'élève rapidement lors de l'exercice. La meilleure stratégie est donc bel et bien de chercher à compenser ces pertes durant l'effort! Reste à savoir comment.

Les pertes de poids constatées à l'issue d'une compétition donnent un aperçu simple des pertes hydriques engendrées par l'exercice, celles-ci étant largement supérieures aux pertes de poids engendrés par la dégradation des réserves énergétiques. Il convient d'ailleurs de souligner à ce sujet que la dégradation du glycogène conduit à libérer de l'eau. Environ 3 mL d'eau est ainsi libéré pour chaque gramme de glycogène dégradé. Environ 500 à 700 mL d'eau peuvent ainsi par exemple être produits lors des deux premières heures d'un marathon. Cet apport hydrique endogène est cependant très largement inférieur aux pertes hydriques lors de l'exercice en ambiance chaude, qui peuvent atteindre 2 litres par heure! Etant donné que la capacité de vidange maximale de l'estomac se situe aux alentours de 1,2L par heure, ces pertes ne peuvent pas être totalement compensées lorsqu'il fait très chaud. De plus, des différences importantes entre individus existent, certains étant capables d'assimiler jusqu'à 1,5L, d'autres seulement 1L.

Outre le maintien du volume plasmatique par des apports hydriques adéquats, un autre enjeu majeur de l'hydratation en milieu chaud concerne les apports en électrolytes, notamment en sodium. Pour des épreuves d'endurance d'une durée allant jusqu'à 2-3 heures, l'osmolarité du plasma, qui



représente le contenu de celui-ci en électrolytes, ne semble pas pouvoir être sévèrement perturbée, étant donné que la plupart des boissons énergétiques disponibles dans le commerce assurent un apport suffisant en sodium. Dans le cadre d'épreuves d'ultra-endurance comme le triathlon longue distance ou l'ultra-trail, les conseils concernant les stratégies hydriques ont à maintes reprises été débattus lors des dernières années, parfois même de manière passionnée! Les recommandations initiales consistaient à pousser les athlètes à boire autant que l'estomac pouvait le tolérer ? (6), ou à hauteur de leur débit sudoral (leur poids de corps ne devant alors pas baisser durant la course) (1). Ce message, porté par les médias et par certains enjeux commerciaux, a créé une phobie de la déshydratation. Certains chercheurs comme le célèbre Sud-Africain Tim Noakes, de l'Université de Cap Town, avancent qu'il faudrait finalement simplement recommander aux athlètes de boire selon leur soif puisque cette sensation est directement médiée par l'osmolarité du plasma (5). Paul Laursen, physiologiste réputé pour ses travaux appliqués sur le triathlon Ironman® suggère qu'en fin d'épreuve, la douleur, la fatigue perçue et la baisse du niveau de performance sont souvent interprétées à tort par les athlètes comme des signes clairs de déshydratation, ce qui les conduit à boire en excès. Dans ce cas, les liquides ingérés au-delà de la capacité de vidange gastrique maximale s'accumulent dans le tract gastro-intestinal et peuvent conduire à des nausées. Plus grave, lorsque de trop grandes quantités de boissons pauvres en sodium sont ingérées, on peut constater une baisse de concentration plasmatique en sodium, appelée hyponatrémie. Récemment, les organisateurs des épreuves Ironman® de Nouvelle-Zélande et d'Afrique du Sud ont même décidé de réduire le nombre de stations de ravitaillement pour limiter les opportunités de pouvoir boire pour les athlètes. Alors que ce genre de pratique aurait pu paraître fou il y a encore quelques années, une baisse sensible du nombre de cas d'hyponatrémie constatés à l'issue de la course a confirmé que l'hyperhydratation ne constitue en effet pas une stratégie à recommander pour mieux supporter la chaleur (7).

### Permis de bonne conduite en cas de compétition sous forte chaleur

1. S'acclimater à la chaleur durant la semaine qui précède la compétition en privilégiant des entraînements à faible intensité,
2. Réaliser les séances intenses à la fraîche pour maintenir un stimulus d'entraînement suffisamment fort,
3. Le jour de la compétition, privilégier l'ombre dès que cela est possible,
4. Veillez à ne pas débuter la compétition en étant déshydraté. Buvez régulièrement. Avoir des urines claires pour constituer un repère simple,
5. Se protéger du soleil en portant des lunettes protectrices, des vêtements clairs et une casquette,
6. Appliquer de la crème solaire en fine couche pour se protéger sans empêcher la transpiration,
6. Changer de vêtements lorsque ceux-ci sont imbibés de sueur et s'éponger lorsque la sueur s'évapore mal,
7. Mettre en place des stratégies de refroidissement avant l'épreuve (ingestion de boissons fraîches ou de glace pilée, port d'une veste de froid par exemple).

### REFERENCES

1. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996;28(1):i-vii.
2. Garrett AT, Creasy R, Rehrer NJ, Patterson MJ, Cotter JD. Effectiveness of short-term heat acclimation for highly trained athletes. *European journal of applied physiology*. 2012;112(5):1827-37.
3. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *The Journal of physiology*. 2008;586(1):45-53.
4. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *The Journal of physiology*. 1993;460:467-85.
5. Noakes TD. Hydration in the marathon : using thirst to gauge safe fluid replacement. *Sports medicine*. 2007;37(4-5):463-6.
6. Sawka MN, Coyle EF. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and sport sciences reviews*. 1999;27:167-218.
7. Wharam PC, Speedy DB, Noakes TD, Thompson JM, Reid SA, Holtzhausen LM. NSAID use increases the risk of developing hyponatremia during an Ironman triathlon. *Medicine and science in sports and exercise*. 2006;38(4):618-22.