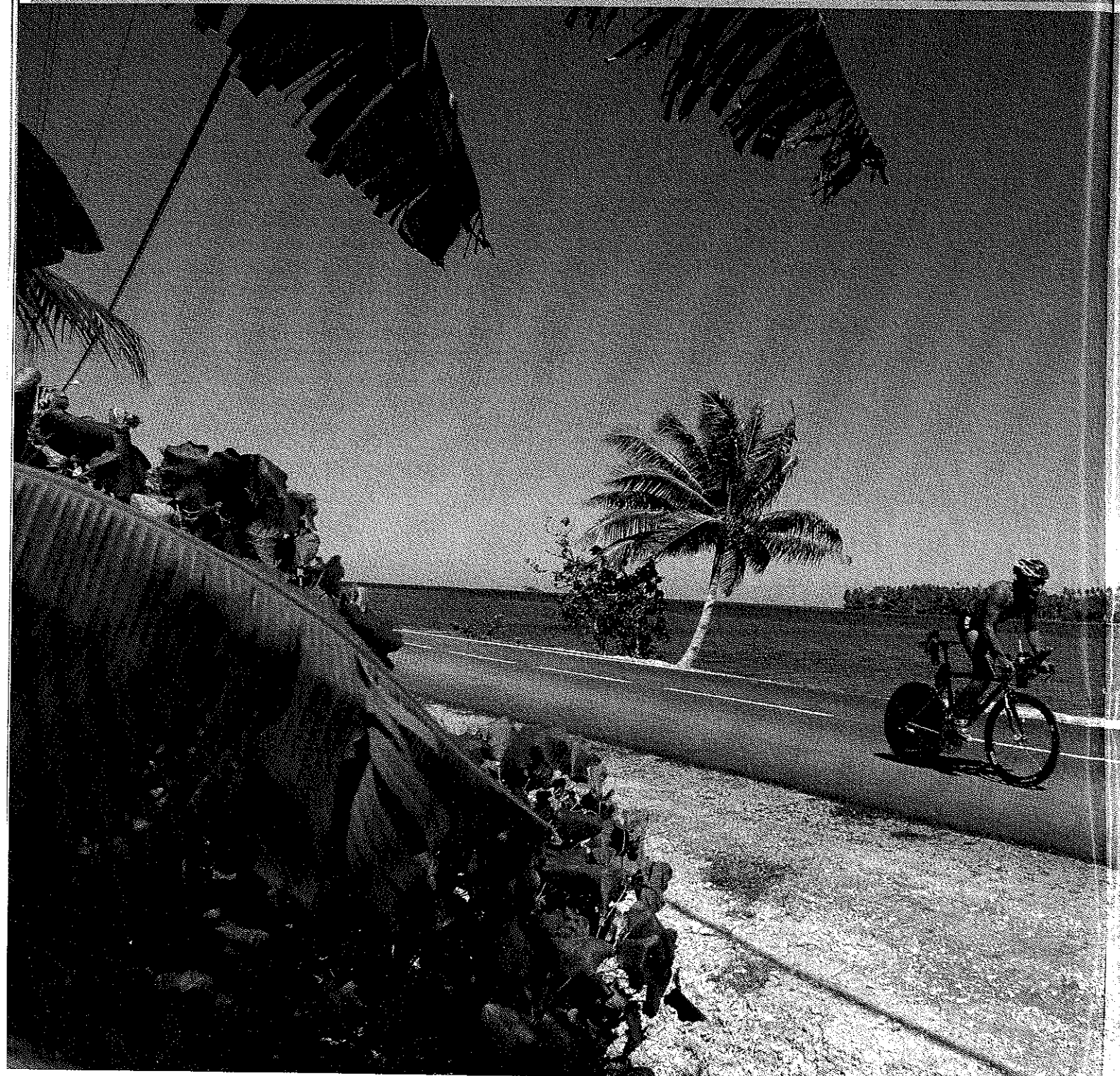


L'HOMME EST UN ÊTRE VIVANT HOMÉOTHERME, C'EST-À-DIRE QU'IL DOIT MAINTENIR SA TEMPÉRATURE CENTRALE CONSTANTE. POUR CE FAIRE, IL EST INDISPENSABLE QUE L'ADDITION DE LA CHALEUR PRODUITE ET DE LA CHALEUR CAPTÉE DANS L'ENVIRONNEMENT SOIT ÉGALE AUX PERTES DE CHALEUR.

# ADAPTATION À L'EFFORT LONGUE DISTANCE EN MILIEU CHAUD ET HUMIDE



**L**a chaleur produite par le corps est appelée chaleur endogène. Elle est produite par :

- D'une part, le métabolisme de base, c'est-à-dire l'énergie utilisée pour le fonctionnement du corps humain au repos ; soit l'énergie nécessaire à la respiration, au fonctionnement du cœur, à la digestion, etc
- D'autre part, par la contraction musculaire lors de l'effort.

## LES ECHANGES DE CHALEUR

La chaleur exogène correspond aux échanges de chaleur avec l'environnement comprenant aussi bien les gains de chaleur que les pertes.

Ces échanges de chaleur se font à l'aide de 4 mécanismes :

- La convection
- La conduction
- La radiation
- L'évaporation.

Ces échanges de chaleur ne peuvent avoir lieu que s'il existe une différence de température entre le corps et l'environnement : c'est la notion de gradient.

**La convection** permet aussi bien le gain que la perte de chaleur. Les échanges de chaleur se font au contact de l'air. Si la température de l'air est inférieure à celle de la peau, il existe donc un gradient de température entre les 2 permettant une élimination de chaleur de l'organisme.

On ressent bien les effets de la convection à vélo lorsqu'il fait chaud. Si vous roulez vite, l'air circule vite autour de vous, ce qui a tendance à rafraîchir cet air, vous ressentez alors une sensation de frais. Dès que vous ralentissez, l'air redevient étouffant, la perte de chaleur étant alors diminuée.

**La conduction** permet également les gains et les pertes de chaleur. Les échanges se font au contact direct d'un liquide ou d'un solide.

L'exemple type est celui de la natation, où le corps entier est en contact avec l'eau qui est à une température inférieure à celle du corps. Il y a donc une perte de chaleur dans l'eau qui peut devenir très importante dans une eau froide vue la surface d'échange. D'où l'importance de la combinaison.

L'exemple inverse est celui de la main posée sur une plaque électrique : le gain de chaleur est immédiat.

**La radiation** permet elle aussi gains et pertes de chaleur. Tout corps émet des radiations : le corps humain, le soleil, la terre, les végétaux, les minéraux.

Les échanges de chaleur se font donc par réception et émission de ces rayonnements.

**L'évaporation** ne permet que la perte de chaleur par élimination de l'eau contenue dans l'organisme. Trois mécanismes permettant l'évaporation :

- L'expiration d'air saturé en vapeur d'eau lors de la respiration
- La perspiration qui est l'élimination d'eau à la surface de la peau sans intervention des glandes sudoripares
- La sudation qui est l'élimination de sueur constituée d'eau et de minéraux et qui est fabriquée dans les glandes sudoripares situées sous la peau.

Au repos, la chaleur endogène, c'est-à-dire la chaleur produite par le corps, ne provient que du métabolisme de base et est évacuée par convection + radiation (75%) / évaporation (25%), dont 2/5 par respiration et 1/5 par perspiration + sudation.

A l'effort, la chaleur endogène peut être considérablement augmentée. Elle n'est plus exclusivement produite par le métabolisme de base. La contraction musculaire prend alors une large part à la production de chaleur. En effet, l'énergie fabriquée à partir des glucides et des lipides se transforme en énergie mécanique utilisée pour l'effort physique pour 25%, tandis que 75% de cette énergie est transformée en chaleur.

Cet excès de chaleur est alors évacué de façon très majoritaire par sudation (80%).

Les 4 mécanismes de régulation de la chaleur précités permettent les échanges de chaleur entre l'environnement et la surface de la peau. Or, la chaleur endogène est fabriquée à l'intérieur du corps et doit donc être acheminée vers la surface cutanée. Ce rôle de transport de la chaleur revient à la circulation sanguine.



## LE RÔLE DE LA CIRCULATION SANGUINE

Le sang est toujours chaud et permet de transporter la chaleur de l'intérieur du corps (le noyau) vers la périphérie (l'enveloppe) et inversement.

Au niveau des organes dits nobles (le cerveau, le cœur, les poumons et les viscères abdominaux), il y a toujours une quantité minimale de sang qui circule pour leur apporter la quantité nécessaire à leur fonctionnement.

En revanche, pour tous les autres organes, le volume sanguin qui les traverse est fonction de leur niveau d'activité : il augmente quand l'organe fonctionne pour lui apporter l'oxygène dont il a besoin, il diminue parfois de façon très importante quand l'organe est au repos.

Ainsi, le débit sanguin du système digestif augmente lors de la digestion. De même, à l'effort, le débit sanguin musculaire augmente de façon importante.

Ces quelques notions sur la répartition du volume sanguin total ont une répercussion directe sur la régulation thermique qui va être réalisée en grande partie grâce

aux variations du volume sanguin des vaisseaux sous-cutanés.

Au repos, le volume sanguin présent dans les vaisseaux sous-cutanés ne représente que 5% du volume sanguin total. En ambiance froide, la température de la peau est supérieure à la température de l'environnement. Il existe donc un gradient de température entre la peau et l'environnement qui favorise la perte de chaleur par convection et par radiation.

Il existe alors un risque de baisse de température du noyau. Or, l'homme étant un homéotherme, il doit maintenir sa température centrale constante.

*Que se passe-t-il pour éviter un refroidissement du noyau ?*

Le calibre des vaisseaux sous-cutanés va se rétrécir : c'est la **vasoconstriction**.

Le sang assurant le transport de chaleur, la vasoconstriction entraîne donc une réduction du volume sanguin cutané et donc une limitation des pertes de chaleur.

Par ailleurs, cette quantité de sang qui ne part pas dans le tissu sous-cutané est redistribuée aux zones profondes permettant le maintien de la chaleur du noyau.

Grâce à ces 2 adaptations, on a donc une enveloppe froide et un noyau à température constante.

En ambiance chaude, la température de la peau est inférieure à la température de l'environnement. Il existe donc un gradient de température entre la peau et l'environnement qui favorise le gain de chaleur par convection et radiation. Il y a alors un risque d'augmentation de la température du noyau.

*Que se passe-t-il pour éviter un réchauffement du noyau ?*

Le calibre des vaisseaux sous-cutanés va augmenter : c'est la **vasodilatation**. Le volume sanguin cutané augmente permettant ainsi de transporter la chaleur en excès du noyau vers la périphérie pour l'éliminer par convection et par radiation.

Souvent, la convection et la radiation ne suffisent pas à juguler l'excès de chaleur : il y a alors mise en route de l'évaporation.

Grâce à ces 2 adaptations, on a donc une enveloppe chaude et le maintien du noyau à température constante.

A l'effort en ambiance chaude, à l'excès de chaleur captée dans l'environnement se surajoute la chaleur produite par la contraction musculaire, ce qui constitue un excès de chaleur considérable à évacuer puisque 75% de l'énergie fabriquée pour la contraction se transforme en chaleur. Il y a donc systématiquement mise en action prédominante de la sudation (jusqu'à 80% de l'élimination contre moins de 5% au repos).

A l'effort en milieu chaud et humide, la sudation ne peut se faire que s'il existe un gradient d'humidité entre la peau et l'environnement. Le degré d'humidité de la peau est très élevé du fait de la sudation. Si l'air est sec, il existe bien le gradient nécessaire à l'élimination de l'eau présente à la surface de la peau. En revanche, si l'air est humide (comme à Hawaï), la différence entre l'humidité à la surface de la peau et l'humidité de l'air ambiant est trop faible. L'eau accumulée sur la peau ne peut plus s'évaporer, empêchant du même coup l'élimination de la chaleur en excès.

Il existe alors un risque important d'hyperthermie.



### LES RECOMMANDATIONS

**1/** La première recommandation qui découle de ces rappels de physiologie lors de la pratique d'une épreuve en milieu chaud et humide est qu'il ne faut pas s'arroser car vous rajoutez à la surface de la peau de l'eau qui d'une part va chauffer, d'autre part va empêcher l'élimination de la sueur qui continue à être fabriquée ; mais qu'il faut s'éponger de façon à éliminer l'eau à la surface de la peau permettant ainsi à la sueur qui continue d'être fabriquée de se répandre à la surface de la peau.

**2/** La seconde recommandation lors du déroulement de ce type d'épreuve consiste à veiller de manière rigoureuse à une hydratation adaptée. En effet, la sudation entraîne de grosses pertes en eau pouvant aller jusqu'à 12l/24h. Ces pertes doivent être absolument compensées par un apport hydrique adapté.

En cas d'hydratation insuffisante, les risques sont multiples :

- L'hyperthermie : en effet, l'organisme n'a plus de quoi fabriquer la sueur et ne peut donc plus éliminer la chaleur en excès. La température du noyau va se mettre à monter entraînant un dérèglement du thermostat interne

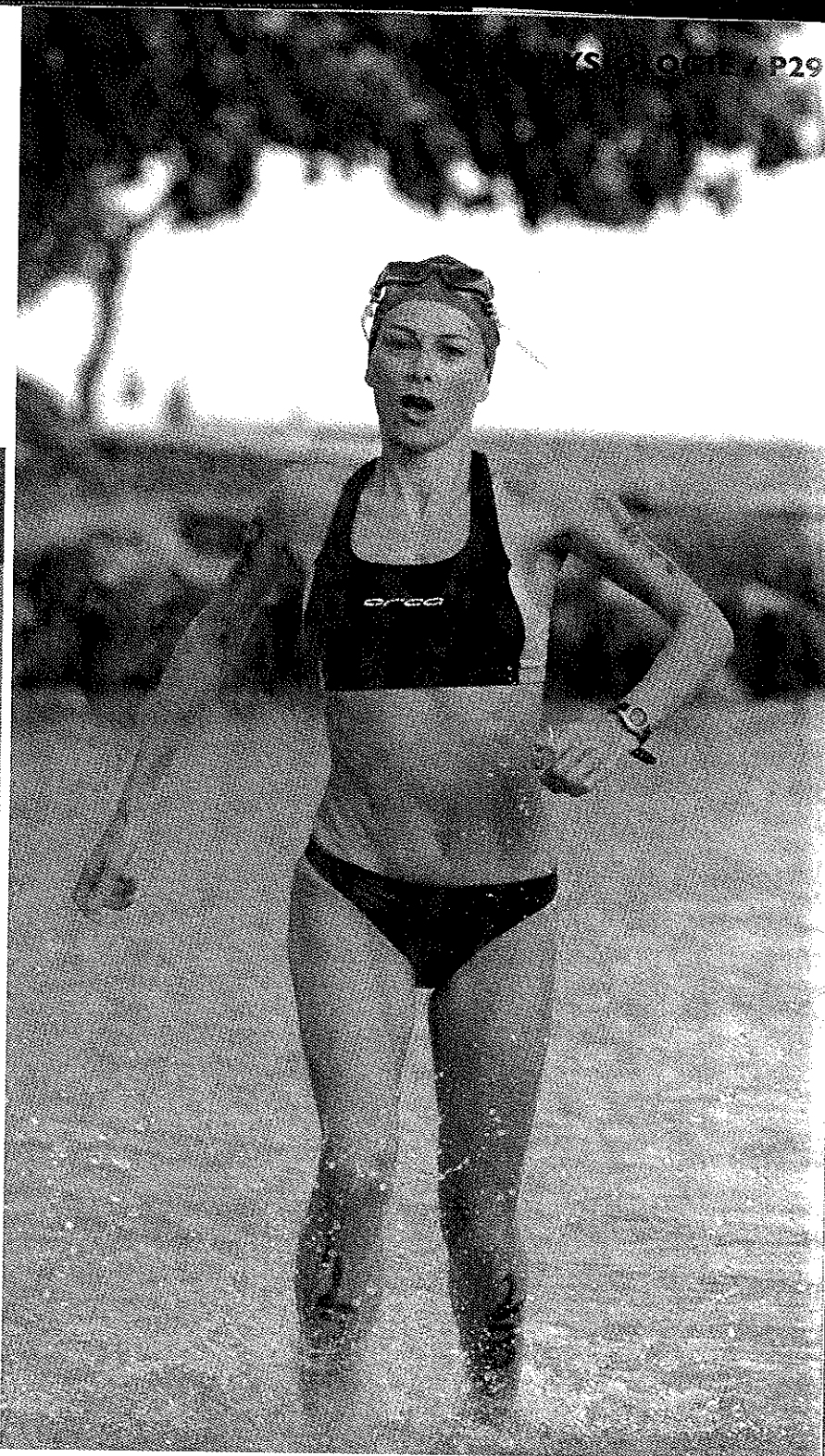
- La déshydratation : les pertes majeures en eau non reconstituées entraînent une diminution du volume sanguin total entraînant des risques de défaillances cardio-vasculaires

Il est donc impératif de s'hydrater abondamment avec toutefois la réserve suivante, la capacité maximale d'absorption de l'estomac étant de 1l/h, il est recommandé de boire de petites quantités très régulièrement.

A noter également que l'apparition de la sensation de soif est décalée par rapport à l'état d'hydratation. Autrement dit, lorsque vous commencez à ressentir la soif, votre organisme est déjà en état de déshydratation.

**3/** Une autre recommandation concerne le port des vêtements : choisissez les amples de manière à favoriser les pertes de chaleur par convection, choisissez les clairs de manière à limiter le gain de chaleur par radiation.

**4/** Ces constatations physiologiques ont également une répercussion sur la façon de gérer l'alimentation durant ces épreuves longue distance. Rappelons que quel que soit le niveau d'activité, le corps redistribue en permanence une partie minimum de son volume sanguin total aux organes nobles. Rappelons également que, en ambiance chaude, le volume sanguin au niveau du tissu sous-cutané était très augmenté et que, à l'effort, une grande partie du volume sanguin total était redistribuée aux muscles. Or, le volume sanguin total contenu dans le corps ne varie que dans des proportions très faibles entre le repos et l'effort. Il en résulte donc une baisse très importante du volume sanguin distribué aux autres organes et notamment au système digestif. Cette hypoperfusion est responsable d'un manque d'oxygène au niveau digestif à l'origine des troubles digestifs qui peuvent être rencontrés sur les épreuves LD. D'où l'importance de continuer à s'alimenter tout au long de l'épreuve, pour continuer à solliciter un minimum la digestion et stimuler ainsi un minimum d'apport sanguin au tube digestif.



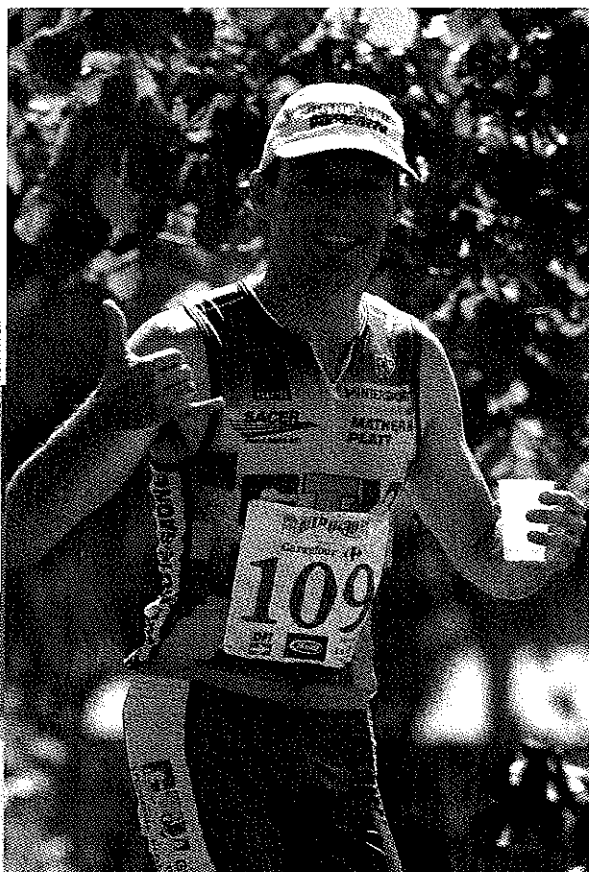
### L'ACCLIMATEMENT

Le corps humain étant plein de ressources, il est possible d'adapter progressivement le corps à l'exercice physique en milieu chaud : c'est le phénomène de l'acclimatement.

La répétition de séances d'entraînement en ambiance chaude permet la mise en place d'adaptations cardio-vasculaires et d'adaptations sudorales.

Les adaptations cardio-vasculaires se font par :

- Une réduction de la quantité du volume sanguin sous-cutané au profit des muscles. Les muscles sont alors plus performants du fait d'un apport d'O<sub>2</sub> plus conséquent.
- Une augmentation du volume sanguin total permettant une meilleure élimination de la chaleur par sudation.
- Une diminution de la fréquence cardiaque à l'effort à l'origine d'une économie de la dépense énergétique et d'une économie de la production de chaleur.



Une fois les adaptations mises en place, l'athlète retrouvera son niveau de performance habituel pour une plage de FC donnée. Pour une bonne efficacité, la période d'acclimatation de 15 jours d'entraînement en milieu chaud et humide doit être située dans le dernier mois précédant la course avec nécessité de rester la dernière semaine dans un environnement chaud et humide. En effet, 50% des gains obtenus pendant la période d'acclimatation peuvent disparaître si l'athlète se substitue à cet environnement chaud. La période d'affûtage, habituellement de 7 jours environ, devra être réduite à 5 jours. En effet, lors de la période d'affûtage, la réduction progressive du volume d'entraînement est responsable d'une diminution du volume sanguin total. Il est alors essentiel de réduire au maximum cette diminution du volume sanguin qui pourrait favoriser et anticiper l'apparition de la déshydratation le jour de l'épreuve.

**Références :**

Précis de physiologie de l'exercice musculaire  
 Astrand et Rodahl-Masson  
 Physiologie du sport et de l'exercice  
 Wilmore et Costill-DeBoeck Université

Tandis que les adaptations sudorales sont dues à :

- \* Une augmentation de la capacité à transpirer
- \* Un raccourcissement du délai entre le début de l'effort et l'apparition de la transpiration favorisant une meilleure élimination de la chaleur par sudation
- \* Une diminution de la perte en minéraux limitant le risque de déshydratation

Ces adaptations entraînent une diminution de la température corporelle et un retard de l'apparition de la fatigue.

*Comment procéder pour réaliser l'acclimatement ?*

Les adaptations cardio-vasculaires se mettent en place en 3 à 5 jours tandis qu'il faut au moins 10 jours pour que les adaptations sudorales se fassent. Pour que l'acclimatation se fasse, il est impératif de réduire l'intensité des séances à 60-70% (du plan d'entraînement initialement prévu) pendant environ 2 semaines. Ainsi, une séance de course à pied d'1h30 initialement prévue à 145bpm devra être réalisée autour de 100bpm (70% de 145bpm).

Les séances doivent être réparties en fonction de leur intensité. Les séances réalisées à une intensité élevée (fractionné, seuil) devront se dérouler le matin au frais. Seules les séances de plus faible intensité (endurance) devront se faire à la période la plus chaude de la journée. Il est également important de se baser sur la fréquence cardiaque, et non la vitesse, pour établir l'intensité des séances car, au début de la période d'acclimatation, la vitesse sera plus faible (que celle dont l'athlète a l'habitude) pour une plage de FC donnée.

