

Suivre la bonne filière

Il est nécessaire de connaître les notions de base de cette physiologie pour adapter entraînement et diététique à ses capacités physiques, à son âge, à ses objectifs. Par ailleurs, il est satisfaisant d'avoir une explication à des sensations bien connues des cyclotouristes ayant quelque expérience.



minute) à modérés (pouvant durer des heures, voir des jours et des nuits pour les « grands randonneurs »). L'entraînement nous permet d'améliorer et dans une certaine mesure d'orienter ces facultés en fonction de l'efficacité de notre moteur cardio-respiratoire, c'est-à-dire surtout de notre âge. Sachons aussi que l'hérédité est primordiale dans l'efficacité et la répartition des fibres musculaires. Il y a peu de cyclistes doués, mais bien heureusement beaucoup de cyclotouristes pas doués qui se satisfont de leur machine humaine... mais qui bien souvent, quand même, se souhaiteraient un peu plus performants. C'est possible pour tous, grâce à un entraînement et une nutrition appropriés.

Au départ est le soleil : il fait bon, on bronze et c'est excellent pour le moral, certes. Mais bien plus encore, le rayonnement de l'astre roi, déifié dans l'Égypte ancienne et dans bien d'autres civilisations, est indispensable à la vie. Le soleil est notre batterie inépuisable, chaque jour fidèlement présente et active. Il a généré les énergies fossiles et il fait croître les végétaux dont nous-même et les animaux domestiques se nourrissent. Reste à notre machine humaine à transformer cette énergie solaire en énergie mécanique. C'est là l'objet de cet article.

Les protéines musculaires

Les muscles contiennent deux protéines particulières ayant la singulière propriété de glisser l'une, l'actine, sur l'autre, la myosine. C'est grâce à ce mécanisme de traction mutuelle que les fibres musculaires peuvent provoquer le mouvement sous forme de raccourcissement-allongement répétitif des muscles qui agissent sur le squelette. Pour nous, il s'agit essentiellement de flexions-extensions de la cuisse sur le bassin, de la jambe sur la cuisse et du pied sur la jambe. Nous possédons trois types de fibres qu'il est important de distinguer car elles ne correspondent pas aux mêmes demandes.

- **Le type I** : dites fibres rouges ou encore lentes, elles sont largement majoritaires chez les sportifs d'endurance et singulièrement chez les cyclotouristes. La contraction est

lente, peu puissante et nécessite la présence d'oxygène. Cet oxygène met un certain temps (une trentaine de secondes) pour arriver au niveau musculaire, ce qui induit un décalage entre la demande et la réponse musculaire. Leur sollicitation n'entraîne ni douleur ni déchets à éliminer, de sorte que l'on peut s'en servir sur de très longues durées. C'est la fibre des efforts prolongés, celle de l'activité foncière et d'endurance.

- **Le type IIB** : dites fibres blanches ou encore rapides, elles sont prédominantes chez les compétiteurs sprinteurs route et surtout piste. La contraction est fort logiquement rapide, puissante et se fait sans oxygène ce qui permet une réponse immédiate. Cela se paie « cash » par la production de nombreux déchets, dont le fameux acide lactique, et une consommation très élevée de sucres. D'où épuisement et intolérance rapide. Ces fibres blanches, chez nous, sont mises en jeu lors d'efforts intenses et brefs.

- **Le type IIA** : est intermédiaire aux deux autres. Parfois dénommées fibres roses, leurs propriétés tiennent des deux types de bases. Elles peuvent évoluer, chez les sportifs, vers l'un ou l'autre des deux types principaux. Affaire d'entraînement.

De l'utilité de l'entraînement

Au total, nous disposons d'un équipement musculaire nous permettant de doser nos efforts, d'intenses (que nous ne pouvons prolonger, au mieux, au-delà d'une petite

L'énergie, une réaction biochimique

Nécessaire à la production du mécanisme de va-et-vient du couple actine/myosine, elle provient exclusivement de la réaction biochimique de dégradation d'une certaine molécule adénosine triphosphate (ATP) qui se lyse en adénosine diphosphate (ADP) plus phosphate. Cette réaction s'accompagne d'une libération d'énergie, celle-là même dont nos fibres musculaires ont besoin pour produire le mécanisme de raccourcissement/allongement qui nous permet d'entraîner nos membres inférieurs dans le mouvement alternant transmis jusqu'aux roues de notre cher vélo. On peut résumer cette réaction sous la forme : ATP ▶ ADP + P + énergie.

Ce fameux ATP est constamment présent dans nos muscles, ce qui est bien, mais hélas en très faible quantité, de quoi produire un effort de quelques secondes à peine ! Il se trouve relayé par une petite réserve d'un précurseur, la phosphocréatine (PC). Là aussi, déception ! Il y en a au mieux pour une vingtaine de secondes... La nature, dans sa grande sagesse, a prévu tout un système d'élaboration, on dit de régénération, de cet indispensable ATP. Ouf ! Pour cela, notre organisme possède l'équipement enzymatique nécessaire, au niveau même des masses musculaires. Nous disposons comme matériaux transformables, appelés substrats, de trois

ressources : glucides (sucres), lipides (gras), protides (viande).

Les réserves, pour ce qui est des glucides, sont renouvelées par l'alimentation.

Les filières énergétiques

Ce mécanisme de production d'énergie est divers, regroupé sous l'appellation « les filières énergétiques ». On en distingue deux groupes :

- **la filière anaérobie** : c'est-à-dire la transformation sans oxygène, on dit par « hydrolyse » ; elle-même comprenant :

- un processus alactique (pas de déchets et notamment pas d'acide lactique) à partir de l'ATP et de la PC. Les caractéristiques en sont une mise en jeu immédiate, puissance très élevée, capacité très faible (20 secondes), récupération rapide (quelques minutes). Rendement très faible : 1 PC ► 1 ATP seulement.

- un processus lactique (production de déchets toxiques, notamment d'acide lactique) à partir des glucides. Les caractéristiques en sont une mise en jeu rapide (quelques secondes), puissance élevée, capacité réduite (1 à 2 minutes), récupération courte (1 à 3 heures). Le

rendement est médiocre : 1 glucide ► 3 ATP.

- **la filière aérobie** : c'est-à-dire la transformation avec oxygène, on dit « oxydative ». Les substrats en sont les glucides et les lipides ; les protides n'intervenant qu'à la marge en se transformant en glucides lors d'efforts importants.

- Les glucides : ils sont présents sous forme de glucose sanguin, musculaire et hépatique ; dans ces deux derniers cas, le glucose est stocké sous forme de glycogène (glucose concentré). Ces réserves sont limitées, de l'ordre de 2 000 kcal. Le fonctionnement efficace de la filière demande deux à trois minutes, voir nettement plus chez les seniors sédentaires, la puissance est moyenne, la capacité importante (1 heure en fonctionnement continu), la récupération lente, très dépendante de l'alimentation. La quantité d'énergie délivrée est forte : 1 glucide ► 38 ATP.

- Les lipides : ils sont en stock presque illimité même chez les cyclistes très affûtés ; 70 000 kcal pour un coureur, beaucoup plus chez les cyclotouristes enveloppés ou pas ! La mise en route est lente, la puissance faible, la capacité énergétique illimitée,

le problème de récupération spécifique ne se pose pas. Ils délivrent énormément d'énergie : 1 lipide ► 45 à 128 ATP selon le lipide oxydé.

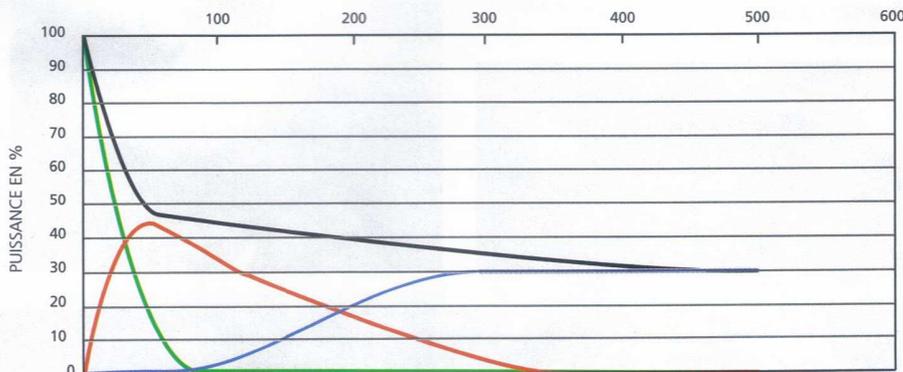
Moteur diesel, avec turbo !

Pour prendre une échelle de comparaison imagée, nous pouvons considérer que nous possédons un moteur diesel turbo (le turbo se mettant en action quand nous démarrons, nous accélérons franchement ou nous poussons haut dans les tours). Le fonctionnement turbo coupé correspond lui à une allure de croisière modérée. Ce moteur doit utiliser comme carburant du sucre, dont la quantité disponible est faible, pour le fonctionnement turbo et les allures toniques. Les corps gras, dont la réserve est presque inépuisable, n'autorisant que les allures tranquilles chez le cyclo intermittent ; un entraînement sérieux permettant d'utiliser majoritairement les lipides à des allures plus soutenues.

Notons, chose importante, que ces différents processus se recouvrent du fait de leurs délais d'intervention étagés et de l'exigence variable de puissance qui est demandée au système. Il n'y a ainsi jamais utilisation d'un processus totalement pur.

Dynamique des filières de production

Vert : anaérobie alactique
Rouge : anaérobie lactique
Bleu : aérobie
Noir : somme des 3 précédentes



Spécificité des filières énergétiques

Filières énergétiques	Anaérobie alactique	Anaérobie lactique	Aérobie glycolyse	Aérobie lipolyse
Carburant	Créatine phosphate	Glycogène	Glucides	Lipides
Type d'effort	Maximal	Intense	Soutenu	Modéré
Puissance	Très élevée	Élevée	Moyenne	Faible
Puissance maximale	700 à 1 500 W	500 à 700 W	150 à 500 W	
Capacité	Faible : 7 à 20 s	Réduite : 40 s à 3 min	1 à 3 h	Plusieurs jours
Limite	Stock musculaire de créatine phosphate	Capacité à supporter l'acidité	Mental	
Temps de récupération totale	3 à 10 min	15 min à 1 h	20 min à plusieurs heures, voire plusieurs jours selon la durée d'effort	

La solution la plus économique

En allure tranquille, c'est le système oxydatif, et plus particulièrement la filière lipides, qui est sollicitée. D'où possibilité de durée d'effort sur de très nombreuses heures et diminution de la masse grasse. Si l'allure est soutenue mais sans à-coups, ce sera la filière glucide aérobie qui nous fournira l'énergie nécessaire, mais pour un temps limité autour d'une heure, en fait variable avec l'entraînement et l'intensité de l'effort. Il est possible de prolonger par un apport alimentaire bien étudié en composition, rapidité d'assimilation et répartition durant la sortie. Si la progression est émaillée d'accélération répétées, de passages « à fond », mais aussi de nombreux arrêts, les filières anaérobies, singulièrement celle qui est productrice d'acide lactique, seront abondamment sollicitées. La consommation glucidique sera intense en raison du très médiocre rendement du mécanisme anaérobie. Outre la difficulté à supporter les déchets accumulés, l'épuisement viendra plus ou moins vite en fonction de l'entraînement.

En tout état de cause notre organisme choisira toujours la solution la plus économique, celle qui préservera les réserves et produira le moins de déchets toxiques. À nous de l'y aider si nous voulons aller plus vite et plus longtemps. ■

D' Yves Yau
Médecin du sport • Médecin fédéral
Daniel Jacob
Professeur d'EP et préparateur physique

Pour mieux *se connaître*

Faire tourner notre moteur humain vite, longtemps et sans fatigue, tel est notre rêve cyclotouriste. L'entraînement et une bonne diététique peuvent nous y aider.

Notre choix va être d'arbitrer entre intensité, durée et facilité. Le plus souvent, nous mixerons les proportions et pourrons pratiquer ainsi le cyclotourisme comme nous l'entendons, de sportif à contemplatif. Mais comment justement doser l'effort dans le sens souhaité et donc comment le mesurer ? Nous avons vu le mois dernier comment nous transformons nos réserves issues de l'alimentation en énergie, avec consommation de graisses et de sucre et production ou pas d'acide lactique, ceci en fonction de l'intensité de l'effort fourni et de l'entraînement. Nous avons retenu aussi que nous disposons de deux systèmes : celui qui correspond à une combustion (aérobie avec oxygène) et celui qui fonctionne sous forme d'une réaction biochimique (anaérobie sans nécessité d'oxygène).

La fréquence cardiaque maximale, notre sommet

Revenons à la filière aérobie, déjà analysée le mois dernier. Le sang amène l'oxygène (O_2) au niveau des muscles, la combustion se produit libérant de l'énergie et du gaz carbonique (CO_2), rejeté par la respiration. Au fur et à mesure que l'intensité de l'effort augmente, plus d' O_2 est nécessaire et plus de CO_2 est rejeté. Ce CO_2 est un stimulateur puissant des centres respiratoires. Avec l'accentuation de l'effort, la respiration se fait plus ample et s'accélère. Ce phénomène permet d'amener plus d' O_2 vers les muscles via une accélération du débit cardiaque, ce débit étant lui-même proportionnel à la fréquence des battements et au volume de sang éjecté à chaque battement (cela s'appelle le « volume d'éjection systolique »). On peut donc concevoir que connaître sa fréquence cardiaque, c'est aussi connaître l'intensité de l'effort que l'on produit. Le fait se vérifie lorsqu'on mesure aussi la puissance développée (en centre médico-sportif ou sur la route avec les capteurs de puissance). Il y a correspondance entre la FCM (fréquence cardiaque maximale) et la puissance maxi-



male aérobie (PMA). C'est pour cela que le cardiofréquencemètre (cfm) a été inventé. Cet appareillage est encore, chez certains, synonyme du monde de la course. Erreur ! Le cfm est d'autant plus intéressant que le cycliste est peu entraîné et peu capable d'analyser son effort.

Pour définir la FCM, à défaut d'épreuve en centre médico-sportif, il est possible de s'en approcher. Mais jamais, après 35 ans, sans un bilan cardiologique complet avec test d'effort. On pourra pousser à fond et progressivement en côte. Le cfm plafonnera. Nous serons à notre FCM, pour un temps réduit, certes, mais retenons bien cette valeur. Elle va nous permettre de définir nos zones d'entraînement en fonction de nos objectifs : vitesse, durée ou sensation de facilité.

Les seuils... pas toujours faciles à franchir

Plus l'effort s'intensifie, plus le mécanisme aérobie se montre insuffisant à régénérer l'ATP (carburant ultime qui va fournir l'énergie pour la contraction musculaire). Le système de production d'énergie anaérobie va progressivement s'ajouter au mécanisme aérobie. À partir d'une certaine valeur, améliorable par l'entraînement, toute augmentation de puissance ne peut plus se faire uniquement en aérobie, en consommant de l' O_2 ; il va y avoir production d'acide lactique qui va être métabolisé, c'est-à-dire éliminé rapidement. Le moment où cela débute est appelé le « seuil aérobie » ou SV1. On peut identifier ce seuil et retenir la fréquence cardiaque à laquelle il se situe.

Nos moyens d'évaluer notre effort

- Le plus simple : surveiller sa respiration et ses sensations.
 - Le plus pratique : le cardiofréquencemètre. Il permet de relever la FCM et de rouler à différentes intensités. La connaissance de l'endurance que nous pouvons avoir à chacune de ces intensités permet de régler son allure en fonction du profil, de la distance à parcourir et du caractère que nous voulons donner à notre sortie. La fréquence cardiaque est bien le reflet de l'effort. Elle est maintenant supplantée, dans le monde de la compétition, par les capteurs de puissance qui permettent une mesure directe.
 - Le plus exact : l'épreuve VO_2 max en centre médico-sportif.
- L'évaluation de l'effort est une habitude qui permet de s'entraîner, de s'alimenter et de se surveiller dans le temps au plus juste en fonction de ses objectifs.

Pour cela, il faut passer par un centre médico-sportif afin d'y bénéficier d'une épreuve d'effort VO_2 max. Grossièrement, c'est le stade où l'on commence à s'essouffler. En demandant encore plus de puissance, la part anaérobie devient de plus en plus importante. L'acide lactique produit finit à un stade variable selon l'entraînement par ne plus pouvoir être éliminé complètement. Il s'accumule. Nous sommes parvenus au « seuil anaérobie » ou SV2. Le souffle se fait court, la parole rapidement

quasi impossible. L'acide lactique produit en quantité se dégrade, provoquant, par la libération d'ion hydrogène H⁺ (très acides), la sensation vite insupportable de douleurs musculaires intenses, dite des « grosses cuisses » dans notre espéranto cycliste.

Au-delà – pas très loin pour le sportif bien entraîné, mais bien loin pour le sédentaire –, le mécanisme aérobie fonctionne à fond de ses possibilités, le mécanisme anaérobie contribuant de son côté de plus en plus à l'accroissement de la puissance produite. La fréquence cardiaque n'augmente plus ; nous sommes parvenus à notre FCM. Si nous voulons encore augmenter la puissance, ce sera uniquement en anaérobie totale.

Notons bien trois points importants

- La participation de la composante anaérobie survient à un seuil variable. Bien avant le point de FCM chez le sédentaire, dès 50 % de celle-ci. Très tard chez le sportif bien entraîné, vers 90 % et même au-delà. Et pour nous, modestes ou moins modestes cyclotouristes, nous nous satisfaisons d'un seuil entre 75 % et 85 %. Nous avons cependant intérêt à remonter ce seuil en fonction de nos possibilités. Nous pourrions alors augmenter l'allure, prolonger l'effort et rouler facile. Cela en nous entraînant un peu en dessous de ce seuil, voir en le « chatouillant » quelque peu, ce qui ne peut se faire que sur des durées courtes. C'est le principe de l'entraînement par intervalles.
- La puissance maximale aérobie (PMA) n'est pas la puissance la plus forte que le cycliste peut produire. La puissance peut aller beaucoup plus haut mais sur une durée très courte et alors avec production massive d'acide lactique. C'est le cas des grands sprinteurs sur route ou sur piste. Nous sommes bien éloignés de ce cas de figure !
- L'adaptation de la fréquence cardiaque est un peu en retard sur la variation des échanges gazeux. Qui n'a pas noté ce décalage sur son cfm ? On appuie, on s'essouffle et le cardio n'augmente pas en proportions ;

à l'inverse, après la bosse on modère l'effort et le voilà qui monte encore un peu ! Ce délai de mise en route représente l'inertie entre les différents systèmes. Cette inertie étant fonction de l'âge et de l'état de forme.

La VO₂max

Nous avons maintenant bien compris que la puissance maximale aérobie (PMA) se situe au même niveau que la FCM. Un troisième larron s'invite aussi en ce même point. C'est là en effet que notre organisme consomme la quantité maximale d'oxygène dont il est capable. Cela s'appelle la VO₂max. En somme, FCM, VO₂max et PMA sont la même chose exprimée de façons différentes. Nous reviendrons ultérieurement sur ce qui détermine la VO₂max. Retenons dès maintenant que la fréquence cardiaque est proportionnelle à la consommation d'O₂ et à la puissance développée.

Endurance et puissance

Voici deux composantes indissociables mais... bien distinctes. En effet, à chacun son profil, on peut très bien être endurant et manquer de puissance ou l'inverse.

Le terme « endurance » renvoie à l'idée de durer ; en physiologie du sport, il correspond en effet à la capacité à maintenir un certain niveau (pourcentage) de sa puissance maximale le plus longtemps possible, et donc pas seulement à rouler longtemps, comme on l'entend couramment. Il est évident que plus le niveau de puissance demandée est élevé plus l'endurance sera réduite.

La « puissance », elle, est la capacité à développer une force par unité de temps. Elle peut être considérée comme la « cylindrée » d'un cycliste.

Nous ne parlons pas ici de la puissance maximale développée lors d'un sprint, mais de la PMA (puissance maximale aérobie) citée plus haut, c'est-à-dire celle qui reste dans le processus aérobie.

Le tableau ci-dessous permet de constater que cette PMA correspond à moins de la moitié de la puissance développée lors d'un

sprint (300 watts contre 700 watts).

Afin d'évaluer son endurance et sa puissance, à défaut de capteur de puissance, il est possible de le faire sur home-trainer ou sur une route présentant une montée régulière. Dans la pratique : se fixer un niveau de puissance à tenir, donc une fréquence cardiaque correspondant indirectement à cette puissance ; il ne reste plus qu'à relever le temps durant lequel on pourra rouler à cette FC moyenne.

Après une période d'entraînement, il sera possible de mesurer d'éventuels progrès en suivant le même protocole et en comparant. Progrès ou maintien ? À l'inverse, une période de trois semaines de négligence se soldera par une perte importante des gains obtenus et un retour vers l'état de... presque sédentaire !

Retenons que pour rouler longtemps à bonne allure, deux ou trois solutions : améliorer l'endurance ou la cylindrée, et pourquoi pas les deux !

- Une PMA de 250 watts permet de rouler à peine une heure à 150 watts avant... épuisement.
- Une PMA (cylindrée) de 300 watts permet de rouler cinq heures à 150 watts ! ■

D' Yves Yau
Médecin du sport • Médecin fédéral
Daniel Jacob
Professeur d'EP et préparateur physique

Des zones d'entraînement dites « cibles » ont été définies

- Récupération : moins de 60 % de la FCM
- Endurance de base : 60 à 70 % de FCM
- Endurance critique basse : 70 à 80 % de FCM
- Endurance critique haute : 80 à 90 % de FCM
- Puissance aérobie : 90 à 100 % de FCM*

* Là, c'est l'intensité et non la durée qui est visée. Ne concerne guère le cyclotouriste et est en outre déconseillée sur le plan de la sécurité cardiaque.

Tableau simplifié de la filière aérobie

Exemple d'un cyclotouriste « ordinaire » de 45/55 ans • Fréquence cardiaque : maxi 170, au repos 70 • PMA : 300 watts

	Fréquence cardiaque (pourcentage FC maxi)		Puissance engagée	Puissance ou endurance ?	Quels effets sur le développement énergétique ?
ANAÉROBIE	165	(95-100)	PMA (300 watts)	Puissance	La « cylindrée »
ANAÉROBIE	150	(85-95)		Endurance / puissance	Intermédiaire
ANAÉROBIE	135	(75-85)	175 watts	Endurance	« Capacité » d'endurance
AÉROBIE	120	(65-75)			
AÉROBIE	110	(60)	70 / 100 watts	Balade / récupération	Peu d'effets
AÉROBIE	70	(40)	0 watt	Repos complet	

À noter que nous n'envisageons que la filière aérobie ; c'est-à-dire que tout ce qu'il y a au-dessus de la PMA n'est pas envisagé. Pour mémoire, rappelons que notre exemple, en anaérobie, pourrait développer en sprint une puissance de 700 watts, la PMA ne correspondant qu'à seulement 40-45 % de la puissance maximale absolue de type « sprint » !