

Nutrition et activités sportives

| | |
|---|-----------|
| Présentation..... | 2 |
| 1. Les apports alimentaires recommandés | 2 |
| <u>1.1. Les protides.....</u> | <u>2</u> |
| 1.1.1. Besoins en protides pour les activités d'endurance..... | 3 |
| 1.1.2. Besoins en protides en musculation..... | 4 |
| <u>1.2. Les lipides.....</u> | <u>4</u> |
| 1.2.1. Lipides en cours d'effort..... | 5 |
| <u>1.3. Les glucides</u> | <u>5</u> |
| 1.3.1. Régulation hormonale de la glycémie..... | 6 |
| 1.3.2. Index glycémique et hypoglycémie | 7 |
| 2. Repas de précompétition..... | 9 |
| <u>2.1. Protides ou glucides</u> | <u>9</u> |
| <u>2.2. Surcharge glucidique.....</u> | <u>10</u> |
| <u>2.3. Apport d'hydrates de carbone précédant l'effort</u> | <u>11</u> |
| <u>2.4. Apport d'hydrates de carbone pendant l'effort.....</u> | <u>11</u> |
| <u>2.5. Apport d'hydrates de carbone après l'effort.....</u> | <u>12</u> |
| 3. Les besoins hydrominéraux du sportif..... | 12 |
| <u>3.1. Les vitamines</u> | <u>13</u> |
| <u>3.2. Les sels minéraux.....</u> | <u>14</u> |
| <u>3.3. Les micro-minéraux</u> | <u>14</u> |
| Conclusion | 15 |
| Références..... | 15 |

Présentation

L'entraînement de haut niveau, fait d'exercices répétés, souvent intenses et de longues durées, entraîne inévitablement une augmentation de la dépense énergétique quotidienne, laquelle doit être obligatoirement compensée par une alimentation adéquate. Souvent, dans leur quête incessante de succès, certains sportifs s'adonnent à des manipulations diététiques qui sont le plus souvent sans aucun fondement. Elles sont soit le fait d'une publicité commerciale mensongère, soit le reflet d'un mimétisme qui les pousse à suivre l'expérience de leurs aînés plutôt que s'en tenir au fait. Même s'il existe plus d'un régime optimal en vue d'une performance physique, il va sans dire que certaines pratiques peuvent conduire à des erreurs nutritionnelles parfois lourdes de conséquences. Ainsi, les régimes hypo-énergétiques de semi-privation ou d'autres pratiques potentiellement nuisibles comme les régimes hyperlipidiques et hypoglucidiques, les régimes à bases de protéines liquides et les régimes n'incluant qu'un seul aliment ne favorisent pas une bonne santé ni la performance physique ni le maintien d'une composition corporelle optimale. Les régimes à basse teneur en hydrates de carbone compromettent les réserves d'énergie nécessaires lors d'efforts intenses et à l'entraînement soutenu. Les sportifs qui ne consomment pas assez d'hydrates de carbone peuvent souffrir d'une déficience relative en glycogène, d'où le sentiment d'apathie et le manque d'énergie à l'entraînement et en compétition. Finalement, le régime alimentaire optimal est celui qui fournit, en quantités adéquates, les nutriments nécessaires pour la croissance, le maintien et la réparation des tissus, tout en assurant les apports énergétiques indispensables à la réalisation d'une haute performance.

1. Les apports alimentaires recommandés

Même si la recherche en nutrition sportive est loin d'avoir tout révélée, les gens actifs et les athlètes n'ont généralement pas besoin de nutriments additionnels autres que ceux fournis par un régime équilibré. En fait, même les sportifs engagés dans des activités d'endurance exceptionnelle ont un régime alimentaire remarquablement analogue à celui de personnes moins actives. La différence principale réside dans un apport alimentaire supérieur pour compenser la dépense énergétique accrue par l'entraînement. Une saine nutrition d'un sportif est donc une saine nutrition qui vaut pour tout le monde.

1.1. Les protides

Il s'agit d'un groupe de composés dont l'implication dans les phénomènes énergétiques, à l'inverse des glucides et de la plupart des lipides, se révèle mineure. En nutrition de l'effort, et plus particulièrement dans

les disciplines dites d'endurance et en musculation, les nutritionnistes s'y intéressent davantage car ils y englobent également tout ce qui a trait aux besoins plastiques, c'est-à-dire à ce qui concerne l'entretien, le renouvellement des tissus et le déroulement des différents processus physiologiques. De ce point de vue, les protides jouent un rôle essentiel :

- sur le plan structurel, ils constituent la charpente des tissus,
- sur le plan fonctionnel, ils se présentent comme des outils de haute précision : les enzymes, les sucs digestifs, les hormones, la transmission de l'influx nerveux, la création de mouvement (par les éléments contractiles des fibres), le transport (par l'hémoglobine du sang) ou la défense contre les microbes requièrent tous la présence effective de protides. Chez un homme de corpulence normale (15% de masse grasse), les protéines représentent 17% du poids du corps.

Des phénomènes aussi vitaux que la défense immunitaire, le transport de gène, la cicatrisation, l'entretien de la masse musculaire peuvent perdre en efficacité en cas de déficit en acides aminés essentiels. Parallèlement, il est possible d'ingérer beaucoup de protéines et souffrir de carences. Il en va ainsi si on choisit exclusivement des protéines d'origine céréalière ou si on ne se nourrit que de légumes secs. On peut également consommer une quantité minimale de protéines mais, en privilégiant celles qui contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels comme dans les œufs, les viandes, les poissons et les laitages. Ainsi, et dans le cadre d'une alimentation diversifiée, l'apport recommandé en protides est d'environ 0,8 grammes par kilogramme de masse corporelle et par jour.

1.1.1. Besoins en protides pour les activités d'endurance

Jusqu'à un passé récent, on exprimait par un pourcentage de l'apport énergétique total la quantité de protéines requises. On le chiffrait ainsi entre 12 et 15 %, tout en sachant que l'énergie effectivement consommée par les tissus ne provenait pas des protides. Compte tenu des rôles plastiques prédominants de ce nutriment, on exprime désormais les besoins en gramme par kilogramme corporel et par jour, ce qui traduit mieux les phénomènes physiologiques en jeu. On considère qu'un apport compris entre 1 et 2 g/kg par jour devrait suffire aux adeptes des sports d'endurance en période d'entraînement, à condition bien sûr d'ingérer par ailleurs suffisamment d'énergie, en particulier sous forme de glucides. Ces besoins légèrement supérieurs à ceux des sédentaires s'expliquent en partie par l'utilisation partielle de certains acides aminés à des fins énergétiques, par les perturbations hormonales survenant en réponse à l'entraînement et qui favorisent le catabolisme et enfin, dans le cas des athlètes ou triathlètes, en raison de l'onde de choc apparue à chaque impact du pied sur le sol et susceptible de léser les protéines contractiles des fibres musculaires.

1.1.2. Besoins en protides en musculation

Les adeptes des sports de force et du culturisme ingèrent d'abondantes quantités de protides (protéines, hydrolysats de protéines, acides aminés), et il ne fait aucun doute à leurs yeux que cet apport excessif favorise le développement de la masse musculaire et participe à l'amélioration des performances. Ils exagèrent certes le recours aux protides, puisqu'en dépassant des chiffres de 4 g/kg par jour, ils s'exposent à des désagréments. Toutefois quelques travaux ont établi qu'un apport protéique très supérieur aux recommandations (de l'ordre de 3 g/kg/j), permettait de maintenir une balance azotée très largement positive sur une longue période. Ce contexte, dans le cadre de l'entraînement, optimise le gain de masse et de force recherché dans le cadre d'un cycle de musculation. En pratique, on peut donc recommander une majoration des apports protéiques, mais l'idéal consiste à y associer des glucides. Une récente étude a montré que l'imprégnation hormonale nécessaire à la synthèse protéique, observée à l'issue d'une séance de musculation, pouvait être modulée par la nature des aliments apportés immédiatement après : des suppléments à base de glucides (1,5 g/kg) ou mixtes (1,06 g/kg de protéines et 0,4 g/kg de glucides) créent un environnement favorable à l'anabolisme protéique musculaire (élévation immédiate du taux d'insuline et différée de celle de l'hormone de croissance). En pratique, lors d'un cycle de musculation, on recommandera un apport mixte de protéines et de glucides après la séance. Pour un sujet de 70 kg, on fournira de 50 g de protéines et 50 g de glucides (*Riché, 1998*).

1.2. Les lipides

Les acides gras servent d'abord à fournir de l'énergie et du fait que l'organisme peut en mettre en réserve leur utilisation peut parfois s'opérer au terme d'un séjour prolongé dans les adipocytes où ils sont restés en réserve. Cette richesse énergétique et leur facilité de stockage liée à leur caractère hydrophobe les amène à se condenser sous forme d'amas de gouttelettes. Ceci explique qu'il s'agisse de la forme de réserve la plus économe ; ainsi 1 kg de tissu adipeux correspond à une disponibilité de 9 000 kilocalories, toujours utiles en cas de jeûne prolongé. Leur rejet de l'eau leur confère une propriété d'isolant, à l'origine de leur seconde action physiologique, celui de constituant des membranes cellulaires et notamment celui de l'ensemble du système nerveux. Certains acides gras n'interviennent pas directement comme fournisseurs d'énergie mais entrent au contraire en jeu dans des phénomènes physiologiques très importants. Or, à l'inverse des autres acides gras, leur synthèse s'avère impossible. On parle pour cette raison d'acides gras essentiels (AGE). Ce qualificatif traduit notre totale dépendance vis-à-vis de l'alimentation pour la couverture de nos besoins en ces graisses si précieuses. Sans eux, la vie est impossible.

Pour assurer une bonne santé, les lipides ne devraient pas représenter plus de 30 % des apports alimentaires recommandés journaliers, dont seulement 10 % sous formes saturés. En raison de leurs hautes valeurs énergétiques, certains sportifs essaient d'éliminer, parfois totalement, les lipides de leur alimentation. Cela peut s'avérer grave pour la performance et la santé car les lipides sont associés à divers processus physiologiques, hormonal ou immunitaire. Altérer la disponibilité de ce nutriment, comme il est souvent recherché dans les sports à catégorie de poids, peut avoir des répercussions indirectes gravissimes. Avec des régimes pauvres en matières grasses, il est difficile d'augmenter les apports en glucides et en protides destinés à fournir assez d'énergie pour satisfaire la demande énergétique pendant l'entraînement et la compétition. De plus, comme les principaux acides gras essentiels et plusieurs vitamines sont fournis à l'organisme par les lipides alimentaires, une alimentation sans gras entraîne finalement un état relatif de malnutrition.

1.2.1. Lipides en cours d'effort

On ne tire aucun avantage de la prise de lipides en cours d'effort. En raison de la lenteur de leur digestion, qui demande parfois plus de 5 heures, les troubles gastro-intestinaux pouvant faire suite à leur ingestion, la lenteur de leur dégradation dans les tissus et surtout l'importance de leurs réserves, même chez les plus affûtés des Kenyans, il ne paraît guère envisageable d'apporter des lipides juste avant l'effort et au cours de celui-ci. Seule note discordante fut l'hypothèse émise par Tim Noakes. Ce physiologiste sud-africain, féru de grand fond et lui-même adepte de ces épreuves, a en effet envisagé d'enrichir en lipides le repas d'avant-course, et d'avancer celui-ci de manière à l'achever non plus 3 mais 5 heures avant le départ. Cet allongement du délai correspond au temps requis pour que cette "fat-party" occasionne une élévation sensible du taux d'acides gras sanguins au moment du départ. L'objectif de Tim Noakes était d'accroître la disponibilité des acides gras afin d'améliorer la composition du mélange consommé par le muscle à une intensité modérée. Ainsi, on y trouverait davantage de graisses et moins de glycogène, sans incidence sur la vitesse de course. Il s'ensuivrait en effet une précieuse économie du glycogène pour la fin de course. Cette séduisante hypothèse n'a pas résisté aux expériences de terrain, et l'idée de fournir des lipides peu de temps avant l'effort a été abandonnée.

1.3. Les glucides

Toutes personnes actives doit consommer suffisamment de glucides, de préférence complexes, car ils constituent la principale source d'énergie quand l'apport en oxygène aux muscles actifs est insuffisant. En plus de sa contribution en condition anaérobie, les glucides fournissent aussi beaucoup d'énergie aux cours

d'exercices de longue durée. Pour les personnes très actives, les hydrates de carbone devraient fournir au moins 60 % de l'apport énergétique journalier sous forme d'amidon extrait des sources riches en fibres telles les céréales non raffinées, les fruits et les légumes. Pour les sportifs d'endurance et avant la compétition, on peut même augmenter le pourcentage de glucides au-delà de ce niveau, soit environ 65 %, afin d'assurer des réserves suffisantes de glycogène. L'entraînement à l'effort prolongé (marathon, cyclisme sur route, ski de fond, etc) peut provoquer un état de fatigue qui rend l'entraînement de plus en plus difficile au fil des jours. Cet état de fatigue peut être lié à l'épuisement progressif des réserves glucidiques de l'organisme même si l'alimentation fournit le pourcentage voulu d'hydrates de carbone. Après trois jours consécutifs d'une course de 16 km, le glycogène des muscles de la cuisse est presque épuisé bien que le régime alimentaire de l'athlète apporte 50 à 60 % de glucides. De plus au troisième jour, la quantité de glycogène utilisée durant la course est nettement inférieure à celle du premier jour, ce qui indique que l'énergie est vraisemblablement fournie par les réserves organiques de graisses. Puisque la synthèse du glycogène dépend de l'apport glucidique, des chercheurs recommandent d'élever à 70 % et même plus la proportion d'énergie totale apportée par les glucides afin de préserver les protéines et d'éviter l'épuisement progressif des réserves organiques de glycogène au fil des jours d'entraînement. Pour un entraînement plus modéré, un minimum de 50 à 60 % devrait être consommé tous les jours. Même lorsque l'alimentation est riche en glucides, les réserves de glycogène ne reviennent pas rapidement à leur niveau antérieur. Les réserves de glycogène hépatique se réforment rapidement, mais il faut au moins 24 heures pour rétablir les niveaux de glycogène musculaire après un effort intense et prolongé. Ainsi, suite à un entraînement intense et prolongé de plusieurs jours, il faut non seulement réajuster les apports quotidiens en glucides mais aussi prévoir un à deux jours de repos ou d'exercice léger de la sorte à permettre une resynthèse optimale des stocks de glycogène.

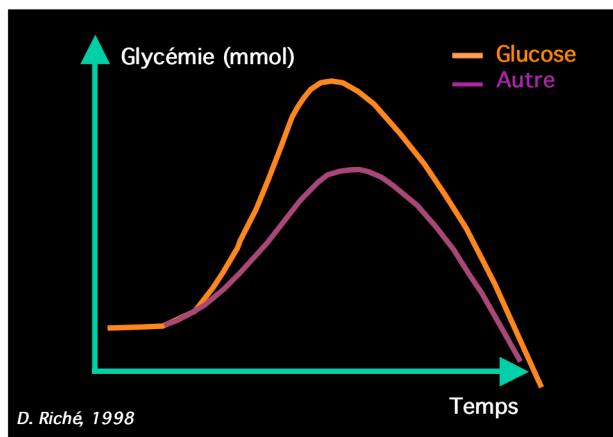
1.3.1. Régulation hormonale de la glycémie

Les glucides ingérés se transforment, sous l'effet de la digestion, en monosaccharides. Parmi ceux-ci, le glucose occupe une place spéciale, d'une part en raison de sa prédominance dans les aliments que nous avalons et d'autre part parce que sa teneur dans le sang, la glycémie, fait l'objet d'un contrôle très efficace. Celui-ci fait appel à l'action antagoniste de deux classes d'hormones opposées. Il existe un équilibre entre celles qui font baisser la glycémie, et celles dotées de l'effet inverse et qualifiées pour cette raison d'hyperglycémiantes. La prédominance des unes ou des autres, à un moment donné, dépend des conditions, de la présence éventuelle d'un stress, de l'alimentation et de la glycémie elle-même ; toute chute de cette dernière stimule la libération d'hormones hyperglycémiantes, phénomène destiné à corriger l'anomalie. À l'inverse toute élévation de la glycémie déclenche la mise en jeu d'hormones hypoglycémiantes, rectifiant le

processus. La principale hormone hypoglycémisante est l'insuline, qui assure à la fois l'entrée du glucose dans les tissus (sauf dans le foie où il pénètre librement) et en bloque la mobilisation. Celles dotées de l'effet contraire sont le glucagon et les hormones du stress, adrénaline et noradrénaline, que les chimistes désignent sous le nom générique de catécholamines.

1.3.2. Index glycémique et hypoglycémie

Pendant des années, les chimistes ont parlé de glucides simples ou complexes en fonction de la longueur de leurs chaînes, ou encore de sucres rapides ou lents, en référence à leur vitesse supposée d'assimilation. On pensait effectivement qu'on assimilait plus vite les monosaccharides ou sucre rapide et que la libération des molécules de glucose demandait un délai supérieur à partir des glucides complexes. Or les études menées depuis le début des années quatre-vingt ont apporté un démenti à cette théorie.



Des chercheurs britanniques ont eu l'idée de mesurer systématiquement l'amplitude de cette réponse après avoir administré une quantité donnée de glucides, provenant d'aliments d'origine très divers. Chacun des sucres étant alors caractérisé par son influence sur la glycémie. En prenant pour référence l'hyperglycémie qui suit l'absorption de glucose, on lui attribue la valeur arbitraire de 100 dans la mesure où c'est le sucre qui élève le plus la glycémie.

Les résultats montrent que plus l'index glycémique d'un aliment est faible, et moins il perturbe la glycémie, ce qui revient à dire qu'à portion égale il expose moins à perturber la glycémie et à faire prendre du poids. Ainsi des aliments tels que les pâtes ou le riz, consommés en prises successives au cours de la journée, perturbent peu la glycémie, et la préconisation de portions permettant de restaurer le glycogène dégradé expose à un risque minime de prise de masse grasse. Les glucides complexes, même en quantité abondante, ne font pas grossir une personne s'entraînant régulièrement.

La lecture du tableau suivant montre bien que la séparation à laquelle on procédait précédemment entre sucres simples et sucres complexes n'était pas fondée. Ainsi, le fructose se caractérise par un index record, à peine 20, ce qui en fait un sucre particulièrement lent alors qu'il était considéré naguère comme un sucre rapide. Inversement, d'autres denrées précédemment classées parmi les glucides lents ne se distinguent pas des simples. Il apparaît par exemple que le pain blanc, glucide complexe, et, le saccharose présentent des index très comparables.

De plus ce paramètre varie, pour un même aliment, selon la variété, comme on le voit avec le pain blanc ou le pain complet dont l'index glycémique est respectivement de 72 et de 65 ; ou plus encore avec les pommes de terre selon qu'on les consomme cuites à la vapeur (70) ou en purée (80). Ces écarts tiennent à la facilité avec laquelle, à chaque fois, les enzymes digestives peuvent intervenir.

Le tableau suivant récapitule pour chaque aliment glucidique la teneur en glucides d'une part, et l'index glycémique d'autre part (*in D. Riché, 1998*).

| Aliments | Teneur en glucides | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|
| | pour 100g poids sec (ou cuit) | Index glycémique pour 50 g de glucides |
| <i>Sucres rapides</i> | | |
| Glucose | 100 | 100 |
| Carottes | 14 | 92 |
| Miel | 77 | 88 |
| Corn flakes | 61 | 81 |
| Purée | 22 | 80 |
| Jus de pomme | 15 | 75 |
| Riz blanc | 20 | 73 |
| Pain blanc | 55 | 72 |
| Pommes de terre vapeur | 20 | 70 |
| <i>Sucres mi-lents, mi-rapides</i> | | |
| Sucre de table (saccharose) | 100 | 65 |
| Pain complet | 50 | 65 |
| Müesli | 60 | 67 |
| Riz complet | 20 | 66 |
| Banane | 24 | 63 |
| Spaghetti | 25 | 51 |
| Avoine | 55 | 50 |
| <i>Sucres lents</i> | | |
| Pâtes complètes | 25 | 42 |
| Orange | 12 | 40 |
| Pommes | 13 | 39 |
| Pois chiches | 20 | 36 |

| | | |
|----------------|-----|----|
| Lentilles | 20 | 29 |
| Fructose | 100 | 20 |
| Germes de soja | 6 | 15 |

Il est intéressant de connaître l'index glycémique des nutriments dans le cadre du maintien de la masse corporelle d'une part, et d'autre part, si on ne veut pas s'exposer à une réaction hypoglycémique. Lors de la prise massive de glucose, on constate une augmentation brutale du taux de sucre dans le sang (hyperglycémie), alertant ainsi les cellules bêta du pancréas, qui vont alors libérer de l'insuline pour ramener ce taux à la normale. La glycémie va alors subitement baisser, voire passer en dessous de la glycémie moyenne. Ceci est particulièrement vrai à l'état de repos, mais s'avère beaucoup moins marqué à l'effort puisque l'exercice bloque la sécrétion d'insuline responsable de l'hypoglycémie réactionnelle.

2. Repas de précompétition

L'objectif principal du repas de précompétition est de fournir à l'athlète un apport énergétique alimentaire adéquat et une hydratation optimale. En règle générale, les aliments riches en lipides et protides devraient être éliminés au jour de la compétition car ils se digèrent lentement et demeurent plus longtemps dans le système digestif que les aliments glucidiques d'égale valeur énergétique.

2.1. Protides ou glucides

Un repas précompétitif pauvre en glucides et riche en protides peut affecter la performance. La raison majeure évoquée tient au fait que l'ingestion d'un repas riche en protides élève beaucoup plus le métabolisme de repos qu'un repas riche en glucides et en lipides. Ce surcroît de chaleur métabolique met encore plus à contribution la capacité de thermorégulation de l'organisme, ce qui peut nuire à la performance par temps chaud. En même temps, l'extraction de l'énergie des protides favorise la déshydratation car les sous-produits de la dégradation des acides aminés requièrent de grandes quantités d'eau pour leur excrétion urinaire puisque environ 50 mL d'eau accompagnent chaque gramme urinaire d'urée. En conséquence, les hydrates de carbone doivent être privilégiés car ils constituent la principale source d'énergie tant pour des activités physiques anaérobies que pour des exercices de longue durée. À condition que l'athlète ait suivi un régime alimentaire sain tout au long de l'entraînement, le repas de précompétition contenant 150 à 300 g d'hydrates de carbone et consommé 3 à 4 heures avant l'effort peut améliorer la performance car il augmente les réserves hépatique et musculaire de glycogène et fournit du glucose pour l'absorption intestinale au cours de l'effort. Toutefois, le repas de précompétition ne corrige pas les carences ou les mauvaises alimentations des

dernières semaines précédant la compétition. Chez les athlètes d'endurance, le stockage précompétitif de glycogène peut être accru au moyen de surcharge glucidique.

2.2. Surcharge glucidique

La technique classique de surcharge glucidique ou surcompensation glycogénique consiste à réduire les réserves musculaires de glycogène grâce à un exercice prolongé six jours avant la compétition suivi d'un régime pauvre en glucides (60 à 100 g/24 heures) durant quelques jours afin de pousser plus loin l'épuisement des réserves de glycogène. Il est à noter que la surcompensation ne se fait que dans les muscles soumis à l'effort. Le tableau suivant résume le programme diététique en deux étapes destinées à accroître les réserves en glycogène (*Mc Ardle*).

Étape 1 - Déplétion

Jour 1 : exercice exténuant destiné à épuiser le glycogène de muscles spécifiques

Jours 2, 3 et 4 : alimentation pauvre en glucides (pourcentage élevé de protéides et de lipides)

Étape 2 – Chargement en glucides

Jours 5, 6 et 7 : alimentation riche en glucides (pourcentage normal de protéides et de lipides)

Jour de l'épreuve

Repas de précompétition riche en glucides

Actuellement, on utilise un protocole moins rigoureux d'une durée de six jours qui n'inclut pas d'exercice réalisé jusqu'à épuisement. L'athlète commence par faire un exercice d'une durée de 90 minutes à environ 75 % du VO_2 max puis en réduit graduellement l'intensité par la suite. Le régime alimentaire est constitué de 50 % en hydrates de carbone pendant les trois premiers jours et à 70 % pendant les trois derniers jours. L'accumulation de glycogène observée de cette façon est presque la même qu'avec le protocole classique et présente l'avantage d'accroître les stocks de glycogène sans avoir l'inconvénient de modifier de façon importante le régime alimentaire. Qui plus est, avec chaque gramme de glycogène, on emmagasine 2,7 g d'eau en plus ; comparativement à la même quantité d'énergie dans la graisse, cela en fait un carburant lourd. La masse corporelle augmente, de sorte que l'athlète peut se sentir trop pesant et avoir une sensation d'inconfort. Toute surcharge additionnelle contribue directement à l'augmentation du coût énergétique donc de la consommation d'oxygène à l'effort. D'un autre côté, l'eau libérée au cours du catabolisme du glycogène devient disponible pour contribuer à la thermorégulation au cours d'un exercice réalisé sous des températures élevées. Quoiqu'il en soit, la surcharge glucidique devrait cesser la veille de la compétition et l'entraînement considérablement réduit de la sorte à ne pas attaquer les réserves de glycogène.

2.3. Apport d'hydrates de carbone précédant l'effort

Que ce soit sous forme solide ou liquide, un apport d'hydrates de carbone dans l'heure qui précède le début de l'exercice peut nuire à la performance :

- en augmentant rapidement la glycémie, ce qui entraîne la sécrétion d'un surplus d'insuline causant ainsi une hypoglycémie relative ;
- en même temps, une forte concentration d'insuline inhibe la mobilisation des lipides du tissu adipeux.

Les deux facteurs conjugués contribuent à un métabolisme exagéré des hydrates de carbone et à leur déplétion rapide. Ainsi, le fait de boire une solution de monosaccharides avant une épreuve entraîne dans les 5 à 10 minutes suivantes une augmentation importante de la concentration en glucose sanguin ; le pancréas réagit en sécrétant un surplus d'insuline qui pousse le glucose à diffuser dans les muscles et un état d'hypoglycémie réactionnel s'installe. Parallèlement, l'insuline a aussi pour effet d'inhiber la mobilisation des acides gras à des fins énergétiques. Dès lors, pendant l'effort, les muscles consomment plus d'hydrates de carbone intramusculaires que normalement, d'où un épuisement précoce des réserves de glycogène avec la fatigue qui s'ensuit. Si l'épreuve débute plus de 60 minutes après avoir consommé des hydrates de carbone, la performance n'est pas altérée car l'équilibre hormonal a pu se rétablir avant l'épreuve. Par contre, la réaction insulinique au fructose est faible. Cette observation est à la base de l'hypothèse selon laquelle le fructose donné immédiatement avant l'épreuve aurait un effet bénéfique sur la performance. Néanmoins, les avantages ergogènes de l'ingestion de fructose ne sont pas encore clairement établis ; il apparaît qu'une boisson riche en fructose peut être la cause de désordres gastro-intestinaux, potentiellement nuisibles à la performance (*Mc Ardle*).

2.4. Apport d'hydrates de carbone pendant l'effort

L'apport d'hydrates de carbone durant l'effort améliore la performance car, à l'effort, la réponse insulinique est peu marquée. Pour un effort de faible intensité, l'effet bénéfique est négligeable car l'énergie provient essentiellement des lipides et très peu du catabolisme du glucose. Avec l'ingestion de glucose, les muscles disposent d'un surplus d'énergie lorsque la demande en glycogène est importante comme c'est le cas lors d'un exercice intense. Le fait d'ingérer des hydrates de carbone durant l'effort permet d'une part de préserver le glycogène musculaire car le glucose ingéré devient une source d'énergie pour l'effort en cours et, d'autre part, c'est une façon de maintenir la glycémie à un niveau optimal empêchant ainsi nausée, mal de tête et autres symptômes de malaise du système nerveux central. L'ingestion d'hydrates de carbone au cours d'un exercice intense supérieur à 70 % de la puissance maximale aérobie contribue donc au métabolisme en préservant le glycogène musculaire pour un usage ultérieur et/ou à maintenir le glucose sanguin jusqu'à ce qu'il soit utilisé

suite à la prolongation de l'exercice et à la déplétion concomitante des réserves de glycogène. Il en résulte une amélioration de l'endurance à une allure relativement élevée ou de la capacité d'efforts intermittents de forte intensité ainsi qu'une plus grande capacité de sprint à la fin de l'activité physique prolongée. Au cours d'exercice prolongé, les réserves de glucose sanguin et de glycogène musculaire sont relativement basses après 2 à 3 heures d'effort ; l'effet d'une seule boisson d'hydrates de carbone concentrés 30 minutes environ avant l'installation anticipée de la fatigue est aussi efficace que plusieurs boissons d'hydrates de carbone ingérées périodiquement (*Mc Ardle*).

2.5. Apport d'hydrates de carbone après l'effort

Au cours de la récupération, l'apport en hydrates de carbone dans un muscle préalablement actif est un facteur de premier ordre conditionnant la resynthèse de glycogène. Pour accélérer la reconstitution des stocks de glycogène après une dure période d'entraînement ou après une compétition, il est indiqué de consommer le plus vite possible des aliments riches en hydrates de carbone. Il est coutumier de consommer, toutes les 2 heures, 50 à 75 grammes d'aliments dont l'index glycémique est de moyen à élevé jusqu'à ce que 500 grammes soit absorbés (*Mc Ardle*). À cause de leur faible absorption intestinale, on devrait éviter les légumes, le fructose et les produits laitiers. La resynthèse est plus rapide si l'athlète reste actif pendant la récupération. Avec un apport optimal en hydrates de carbone, la reconstitution des stocks de glycogène s'effectue environ au taux de 5 à 7 % à l'heure. Ainsi, suite à un exercice ayant créé une déplétion importante de glycogène, il faut au moins 20 heures pour sa resynthèse.

3. Les besoins hydrominéraux du sportif

Les besoins en eau sont de l'ordre de 1,5 à 2,5 litres par jour chez le sujet sédentaire vivant dans un climat tempéré. Ces besoins augmentent considérablement dans les épreuves de longue durée en fonction de l'intensité et des conditions ambiantes. Dans le cas de sudation importante, il convient de remplacer au fur et à mesure les pertes d'eau sous peine de voir la capacité de travail diminuer. L'eau perdue provient d'abord du compartiment sanguin qui induit une réduction du transport des gaz. Ainsi, une perte d'eau non compensée de 3,5 litres (5 % du poids du corps), volume correspondant au volume plasmatique, entraîne une chute de la puissance de travail de 35 % environ pour une température d'air de 18° Celcius, supérieure à 50 % pour une température de 41° Celcius (*Monod et coll.*). Le problème est que la régulation des mouvements de l'eau est imparfaite au cours de l'exercice musculaire ce qui fait que la prise spontanée de liquide est toujours inférieure aux besoins réels de l'organisme et l'écart augmente avec le volume d'eau perdu. En d'autres termes, le mécanisme de la soif n'est pas en relation parfaite avec l'état d'hydratation. Ainsi lorsque la soif

apparaît, l'état de déshydratation a déjà commencé. Pour une perte sudorale de 200 à 800 g/h, le remplacement se fait à 95 % dans le premier cas, mais seulement à 50 % dans le second (*Adolph, in Monod*). Il faut donc que le sportif se force à boire pour compenser ses pertes d'eau. La pesée avant et après exercice permet de connaître le degré d'utilisation hydrique puisqu'une petite partie seulement de la perte de poids est attribuable à l'oxydation des substrats énergétiques. La formation d'un litre de sueur correspond à une perte d'environ 2,3 % du poids corporel ; à ce stade, des signes de déshydratation apparaissent (tachycardie, hyperthermie, sécheresse des muqueuses, ...). Les accidents de déshydratation sont observés à partir d'une perte de 5 %, le collapsus circulatoire aux environs de 10 %. Dans les conditions extrêmes, les pertes d'eau peuvent atteindre et même dépasser 2 à 2,5 L en 1 heure. L'estomac ne peut ingérer en une fois un volume supérieur à 1 litre, ce qui invite aux prises fractionnées. Il n'est donc pas raisonnable de programmer une compétition de longue durée si les conditions climatiques sont défavorables notamment lorsque la température et l'humidité de l'air sont élevées. Dans ce contexte, il convient de prévoir un apport en eau tous les deux kilomètres pour un marathon par ingestion ou aspersion.

3.1. Les vitamines

Le nombre de travaux consacrés aux relations entre l'exercice musculaire et la prise de vitamines, notamment celles appartenant au groupe B et C est considérable. Les résultats ne sont concluants qu'en ce qui concerne les états de carences, donc pour les personnes n'ayant pas un régime alimentaire adéquat. Croire qu'une supplémentation en vitamines peut améliorer la performance relève de justifications non-fondées. Il est cependant possible qu'une accélération des oxydations cellulaires aux cours d'activités physiques particulièrement intenses rende nécessaire une supplémentation en vitamines du groupe B. Cet apport est normalement assuré par les boissons prises par les sportifs au cours même de la compétition.

Parmi les vitamines liposolubles, la vitamine E a aussi fait l'objet de nombreuses recherches en raison de son pouvoir antioxydant qui est de piéger les radicaux libres, molécules très réactives responsables de lésions cellulaires graves. De même, elle limite au niveau pulmonaire les effets toxiques des particules polluantes inhalées avec l'air ambiant. Pour ses vertus prévenant l'atteinte des membranes cellulaires, de nombreux athlètes d'endurance consomment des surplus en vitamine E dans un objectif d'amélioration de leur performance. Malheureusement, il n'existe aucune preuve solide pour qu'une supplémentation en vitamine E puisse satisfaire leur exigence.

Enfin, la supplémentation en carnitine, co-facteur majeur intervenant dans le métabolisme lipidique, a été suggérée chez les sportifs de grande endurance. Si l'idée est séduisante, on doit reconnaître qu'aucune amélioration de performance n'a pu être démontrée.

3.2. Les sels minéraux

L'organisme trouve dans une alimentation variée la totalité des éléments minéraux dont il a besoin, si bien qu'en règle générale, il n'est pas nécessaire de supplémenter la ration du sportif. Toutefois, il n'en est pas de même chez les sportifs à catégorie de poids suivant un régime hypocalorique qui conduit à une déminéralisation osseuse, une diminution de la masse corporelle et, chez les sportives, à des troubles des cycles menstruels. Au cours de l'exercice, la dépolarisation des la fibre musculaire s'accompagne d'une sortie de potassium dans le milieu extra-cellulaire. Il est donc normal d'observer au cours de l'exercice, même léger, une hyperkaliémie. De même, l'hypokaliémie qui suit l'arrêt de l'exercice est le résultat à la fois de la recharge du muscle en potassium, de la fuite rénale de celui-ci et de l'hémodilution consécutive à une prise hydrique de compensation. Lors d'exercices de longue durée, l'hypokaliémie peut être telle que l'électrocardiogramme est perturbé. L'administration de potassium prend alors une signification thérapeutique durant la période de récupération.

L'exercice musculaire, notamment réalisé en ambiance chaude, comporte une perte en chlorure de sodium par voie sudorale. La production d'un litre de sueur peut conduire, en fonction du climat, à une sortie du sodium de l'ordre de 1 à 3,5 g. Normalement, une alimentation équilibrée fournit en moyenne 200 mEq (12 g) de chlorure de sodium. Même en cas de sudation très abondante, il faut plusieurs jours pour voir apparaître des signes de déficit. La survenue de crampes de chaleur en ambiance défavorable est plutôt attribuée à la spoliation en chlore.

La supplémentation en magnésium a été préconisée chez le sportif sans évidence d'une amélioration de la performance. La prise de magnésium jusqu'à 500 mg par jour n'a pas d'effet négatif ; au-delà, le métabolisme du phosphore est perturbé.

3.3. Les micro-minéraux

Les besoins en fer peuvent être augmentés chez les marathoniens et les athlètes de grande endurance. Ce qui a été décrit comme l'anémie du sportif ne relève pas seulement d'un trouble du métabolisme du fer mais aussi d'une destruction des hématies et de saignement gastro-intestinaux. Au regard du dosage de l'hémoglobine, ou mieux de la ferritine, un supplément de 100 à 400 mg par jour de sulfate ferreux peut s'avérer utile (*Monod*). Par contre, il convient de rester plus prudent en ce qui concerne d'autres éléments dont l'élimination accrue a été signalée au cours d'exercices intenses ou prolongés : chrome, zinc, cuivre. Il n'est pas démontré qu'une supplémentation ait des effets sur la performance. Les doses seraient de l'ordre de 5µg/1 000 kcal pour le chrome, 3 mg/j pour le cuivre, 20 mg/j pour le zinc, en sachant qu'à dose pharmacologique le zinc freine

l'absorption du cuivre et s'oppose à l'effet bénéfique de l'entraînement sportif sur l'augmentation du HDL-cholestérol.

Conclusion

La répétition des entraînements et des compétitions entraîne une très forte sollicitation de l'organisme. Si les sportifs consacrent beaucoup de temps et d'effort à perfectionner leurs gestes et leur condition physique, ils ne doivent pas pour autant négliger leurs apports énergétiques qualitatifs et quantitatifs ou se lancer dans des manipulations nutritionnelles qui influent négativement la performance. Dans une large mesure, les besoins nutritifs des sportifs peuvent être comblés par un régime alimentaire équilibré. Avec des menus bien calculés, les besoins en vitamines, minéraux et protéines sont compensés par une absorption de nourriture équivalente de 1 200 kcal par jour. Normalement, les apports journaliers recommandés sont de 55 % pour les glucides, 30 % pour les lipides et 15 % pour les protéines. Toutefois, un entraînement long et intense peut vider progressivement les réserves de glycogènes de l'organisme et ainsi conduire à un état de fatigue interdisant à l'athlète la réalisation d'une haute performance ou la continuité d'un entraînement intense. Pour cette raison, les chercheurs recommandent d'élever à 70 % et même plus la proportion d'énergie totale apportée par les glucides afin de préserver les protéines et d'éviter l'épuisement progressif des réserves organiques de glycogène au fil des jours d'entraînement mais aussi prévoir un à deux jours de repos ou d'exercice léger de la sorte à permettre une resynthèse optimale des stocks de glycogène.

Références

Mc Ardle, W.D., Katch, F., Katch, V. : Physiologie de l'activité physique - Edition Vigot, 2001

Monod, H., Flandrois, R. : Bases physiologiques des activités physiques et sportives - 4^e Édition - Masson, 1997

Riché, D. : Guide nutritionnel des sports d'endurance - Edition Vigot, 1998

Wilmore, J.H., Costil, D.L. : Physiologie du sport et de l'exercice physique - De Boeck Université, 1998