

## DIÉTÉTIQUE ET MICRONUTRITION DES SPORTS D'ENDURANCE

Denis RICHÉ

« La profession de nutritionniste du sport a consisté pour l'essentiel, ces dernières années, à trouver les meilleurs moyens de gaver les athlètes avec des glucides », exprimait récemment le physiologiste sud-africain Tim Noakes [1]. L'approche classique des besoins nutritionnels du sportif d'endurance consiste essentiellement à optimiser les apports glucidiques et dans l'esprit de ces sportifs, la ration optimale serait pour eux constituée de pâtes pour reconstituer le glycogène, de protéines pour préserver la masse musculaire, et du minimum de lipides pour rester léger.

Depuis une vingtaine d'années que nous travaillons auprès de sportifs de haut niveau, nous avons observé les importantes limites de cette façon de voir et avons peu à peu conceptualisé une approche différente que nous expliquons ici, d'abord en précisant le cadre théorique, ensuite en détaillant les modalités pratiques.

### Aspects énergétiques

#### Remise en cause de la ration hyperglucidique classique

Les recommandations classiques visant à optimiser les apports glucidiques dans le but de saturer les réserves de glycogène, mentionnent des chiffres de l'ordre de 8 g à 10 g par kg de poids et par jour [2-4]. Pour un sujet de 70 kg, cela représente près de 700 g de glucides quotidiens, ration très difficile à satisfaire et qui, lorsque le sportif y parvient, ne laisse plus guère de place pour consommer en quantité suffisante d'autres denrées telles que les fruits et légumes. De ce fait, les objectifs et recommandations du PNNS deviennent très difficiles à satisfaire et la question de l'impact de ces rations déséquilibrées sur la santé de ceux qui les adoptent reste en suspens.

Le leitmotiv de la ration hyperglucidique repose sur les travaux ayant souligné qu'au cours des entraînements le niveau des réserves de glycogène musculaires chute et qu'il fallait le reconstituer le plus vite possible en vue de l'entraînement suivant. L'idée qui sous-tend ce choix est que, pour chaque séance, quelles que fussent l'intensité et

la durée, les glucides couvrent l'essentiel des besoins énergétiques. Or, plusieurs éléments importants doivent être intégrés, pour aboutir à des recommandations plus classiques sur le plan quantitatif. Certes divers travaux ont montré que, comparativement à une ration pauvre en glucides (ceux-ci délivrant moins de 20 % de l'apport énergétique total), une ration où les glucides assurent plus de 70 % des apports énergétiques, permet de prolonger la durée d'un effort modérément intense [5, 6]. Mais lorsque la comparaison est effectuée entre trois situations, c'est-à-dire les deux précédentes, auxquelles on ajoute un cas intermédiaire, celui d'une ration équilibrée (55 % de l'énergie provenant alors des glucides), on constate que, hormis la diète appauvrie en glucides, les résultats relevés sont comparables [1]. Il n'y a donc, sur le plan des résultats chiffrés, aucune supériorité à attribuer aux rations hyperglucidiques (celles où la part relative des glucides correspond à 70 % de la ration énergétique totale) relativement aux rations normoglucidiques (où ils ne représentent que 55 % du total, conformément au PNNS). C'est en fait une extrapolation qui a conduit classiquement à privilégier les rations les plus abondantes en glucides, dans la mesure où ses défenseurs considèrent que cela garantit à coup sûr de saturer les réserves de glycogène.

Service Expertise Nutrition Santé, BP 59, 66704 Argelès/Mer Cedex

En effet celles-ci, dans certaines conditions d'exercice, peuvent constituer un incontestable facteur limitant, compte tenu de la faible autonomie du glycogène hépatique (100 g) ou musculaire (au plus 600 g) [1, 2, 7]. Sur le marathon par exemple, la chute du taux de glycogène à un niveau trop faible peut de fait obliger à ralentir l'effort et constituer, ainsi, un facteur pouvant favoriser les contre-performances. On doit néanmoins nuancer ce constat à la lumière de plusieurs autres travaux :

a) *en fonction des fluctuations de la ration* : lorsqu'on augmente la ration glucidique, le quotient respiratoire, tant à l'effort qu'au cours d'une activité modérée augmente, témoignant d'un ajustement du métabolisme dans le sens d'une utilisation accrue des glucides [8]. Inversement, lorsqu'on diminue la ration glucidique, le Q.R. s'abaisse, témoignant d'un ajustement relatif, qui ne peut toutefois plus se mettre en place lors d'efforts sollicitant les processus anaérobies, les seuls pour lesquels le glucose peut constituer une source d'énergie. Ceci signifie que si on accroît la part relative des glucides de la ration leur oxydation augmente (à niveau d'effort égal ou même au repos), et que l'inverse est également vrai. Avec les rations hyper glucidiques, les glucides contribuent majoritairement à assurer l'apport énergétique dans le cadre d'efforts peu intenses, pour lesquels les lipides peuvent tout aussi bien convenir. Inversement, si la ration lipidique augmente (autour de 1,2 g/kg/j), leur participation à la couverture des besoins énergétiques, lors des efforts modérément intenses ou faibles, va augmenter. Le glycogène sera alors réservé pour les séances plus intenses qui, dans le cadre d'une programmation cohérente, ne représentent jamais la part la plus importante de l'entraînement [9].

b) *en fonction des adaptations métaboliques* : à ration et intensité d'effort égales, un sujet qui a pratiqué une activité physique aérobie depuis plusieurs mois, et plusieurs fois par semaine, a développé ses aptitudes à la lipolyse, de sorte que à entraînement égal, relativement à un sédentaire ou à un débutant, il arrivera à mieux économiser son glycogène et, en théorie [7, 10], à davantage utiliser les lipides, notamment les triglycérides musculaires [11]. Autrement dit, le seul fait d'être adapté peut justifier de ne pas augmenter les apports glucidiques au-delà des recommandations habituelles (55 % de l'apport énergétique total, ou 6 g/kg de poids et par jour).

c) *en fonction d'adaptations génétiques* : des travaux récents, conduits dans le domaine de la nutrigenomique, soulignent que des rations enrichies en acides gras, notamment en acides gras polyinsaturés de la série n-3, induisent au niveau musculaire une augmentation du nombre d'unités des enzymes dédiées à la lipolyse [12, 13]. Ceci se traduira, pour une même intensité relative d'effort, par une aptitude accrue à utiliser les lipides et, de ce fait, par une meilleure épargne du glycogène. Ceci signifie, en résumé, que l'aptitude à faire durer son glycogène musculaire n'est pas tant tributaire du niveau d'apports glucidiques que de la qualité de la ration lipidique, dans la mesure où cette dernière exerce un effet durable (au niveau du génôme), qui semblerait se superposer à celui attribuable à l'entraînement. De récents travaux montrent en fait que, selon les polymorphismes génétiques des athlètes concernés, il est possible que la contribution des lipides à la dépense d'énergie soit maximale non pas pour un effort proche de 60 % de VO<sub>2</sub> Max

comme on le pensait usuellement [4], mais plutôt à un niveau très proche de celui qui correspond au seuil d'accumulation des lactates dans le sang (« OBLA » pour « Onset of Blood Lactate Accumulation ») [14]. Ceci va également dans le sens d'un rejet des recommandations classiques de rations hyperglucidiques. Cette modération ira en outre dans le sens des recommandations faites à la population en général pour optimiser son état de santé [10, 15].

d) *en fonction des adaptations de « cinétique »* : dès les premiers travaux menés par Karin Piehl sur cette question, on constata, grâce à des biopsies musculaires effectuées à intervalles réguliers, que la resynthèse du glycogène, au terme d'un effort en ayant notablement abaissé le niveau, était maximale durant les cinq premières heures [16]. Ainsi, lorsque 50 g de glucides sont apportés toutes les deux heures dès la fin de l'exercice, la mise en réserve est optimisée [17]. Inversement toute situation où la première prise post-effort de glucides est différée conduit, pour un même apport cumulé sur 48 h, à une moindre mise en réserve. Cela signifie que, plus encore que la quantité de glucides apportés après l'exercice, c'est le « timing » qui prévaut pour une reconstitution optimale des réserves. Ceci est vrai quel que soit le type d'effort accompli, ou la nature des fibres musculaires concernées [18, 19]. En pratique, cela indique que le retour à un apport glucidique moins pléthorique (autour de 6 g/kg/j) est recommandé, mais qu'il doit par contre s'accompagner d'une chronologie de prise très précise [7].

e) *en fonction de l'index glycémique* : l'index glycémique rend compte de l'effet attendu, sur l'insulinémie, d'une dose standardisée de glucides [20]. Compte tenu des adaptations métaboliques précédentes (développement de la vascularisation musculaire [21], accroissement du nombre de Glu-T4, activation des enzymes de conversion, contrôle accru de l'action des effecteurs hormonaux notamment), l'impact d'une portion de glucides sera différent de celle observée chez un sujet sédentaire ou débutant. Ceci signifie que l'impact défavorable attendu en cas d'une prise de glucides à index élevé ne se retrouve pas chez un sujet entraîné. Même après trois jours de ration hyperglucidique, la proportion de glucides entrant dans la lipogénèse n'excède pas 3 % du total [8]. L'insuline favorise l'entrée de glucose et d'acides aminés dans les cellules, notamment en phase de récupération. À l'effort, le glucose entre dans les cellules sans présence obligatoire d'insuline [7]. Pour cette raison, on recommande la prise de glucides à index élevé plutôt au cours de l'effort et dans la période y faisant immédiatement suite, alors que le souci de préserver l'équilibre alimentaire et une densité nutritionnelle satisfaisante incite à privilégier les glucides à index faible à distance des entraînements. Relativement à des sucres « rapides », ceux-là, consommés avant l'effort, s'accompagnent d'une utilisation accrue des lipides et d'une épargne significative du glycogène [22]. La présence simultanée d'aliments riches en fibres et d'un peu de lipides modulera favorablement l'arrivée des glucides dans le sang.

On n'attribue pas, classiquement, chez le sportif, de conséquence défavorable à l'ingestion de ration favorisant d'importants pics d'insuline. Certains auteurs, toutefois, arguent que notre capital génétique s'est constitué à une époque où nos ancêtres chasseurs-cueilleurs, ne consommaient quasiment pas d'aliment stimulant la sécrétion d'insuline, ce que confirme le concept de « charge glucidique »

[23], qui correspond au produit de l'index glycémique par la teneur en glucides de 100 g de l'aliment considéré. Selon cet auteur, la prise chronique d'importantes rations glucidiques, a fortiori lorsqu'elles s'accompagnent d'une libération excessive d'insuline, pourrait favoriser, sur des morphotypes défavorables, l'expression de terrains prédisposés aux maladies métaboliques, notamment en fin de carrière. De notre point de vue, cette prudence vis-à-vis des glucides s'inscrit dans une démarche pédagogique à connotation de santé qu'il est indispensable de transmettre aux plus jeunes d'entre nous.

*En tenant compte des liens entre nutrition et immunité* : Il est aujourd'hui admis que les rations comportant des quantités excessives de glucides sont, par ailleurs, déficientes en un certain nombre de nutriments, lipides, micronutriments notamment. Pour cela, l'ingestion chronique de rations trop riches en glucides (> 65 % de l'apport énergétique total) compromet un certain nombre de processus immunitaires et peut clairement se révéler défavorable [24].

Par contre, l'ingestion de boissons énergétiques en cours d'activité et éventuellement au tout début de la période de récupération exerce plusieurs effets favorables sur ce plan, notamment en limitant l'élévation de la cortisolémie. Certains auteurs considèrent que l'ingestion systématique de boissons glucidiques à l'effort constitue l'un des moyens permettant de limiter la baisse des défenses immunitaires consécutives à l'exercice [25].

#### Les besoins lipidiques

Dans l'esprit de beaucoup, la restriction lipidique est un corollaire incontournable de la réussite dans les sports d'endurance. L'argumentation qui soutient ce point de vue met en avant que le coût énergétique dépend du poids déplacé, d'où l'idée d'éviter tout surpoids inutile. S'il est exact que le surpoids (adipeux) alourdit l'athlète et augmente le coût de chaque km parcouru [7, 8], il est faux de penser que, chez un sujet maigre, maigrir indéfiniment est toujours favorable. En outre, un nombre croissant d'auteurs insiste sur le fait que, en-dehors de leur participation à la fourniture d'énergie, certains acides gras exercent d'importants rôles énergétiques et fonctionnels (acteurs des membranes, précurseurs de molécules régulatrices telles que les eicosanoïdes). Compte tenu des perturbations fonctionnelles relevées chez des adeptes de sport d'endurance et de leur amélioration consécutives à une majoration de la ration lipidique, ils ont avancé l'hypothèse que les sportifs d'endurance présenteraient des besoins en lipides supérieurs à ceux des sédentaires [10, 15, 22, 24, 26]. Une autre manière d'aborder la notion d'apport lipidique optimal consiste à apprécier, biologiquement, le statut en acides gras, comme dans le cadre de l'étude de Lyon menée par Serge Renaud [27]. Utilisant le même protocole, de récentes publications soulignent que, sur le plan biologique, le statut en acides gras essentiels des sportifs d'endurance est très souvent inférieur à celui des Crétois [15, 26]. De plus, en présence d'apports lipidiques quantitativement insuffisants, le statut biologique n'est pas optimal. Ceci signifie que les rôles fonctionnels des acides gras essentiels ne peuvent être assurés que s'ils ne sont pas utilisés principalement à des fins énergétiques. Pour cette raison, en l'état actuel de nos connaissances sur cette question, il nous semble indispensable d'assurer aux adeptes de ces disciplines des apports lipidiques équilibrés, c'est-à-dire inspirés du modèle crétois,

et suffisants, avec au minimum 1,2 g par kg de poids et par jour, soit à peine 20 % de plus que les recommandations faites à la population dans son ensemble. Ces recommandations vont amener les sportifs à réviser (parfois très nettement), leurs apports lipidiques à la hausse [28], en veillant en outre à optimiser l'apport d'acides gras « oméga 3 » à longue chaîne, ceci permettant de favoriser l'induction des enzymes de la lipolyse au niveau musculaire [12, 13]. À titre anecdotique, quelques auteurs sont convaincus, pour les raisons exposées ci-dessus, que la part relative des lipides devrait, chez ces sportifs, être encore plus élevée, notamment deux semaines avant une épreuve d'ultra-endurance, ceci afin d'optimiser les réserves de triglycérides musculaires, souvent insuffisantes [1, 29, 30, 31].

#### Les apports en protéines

Les besoins en protéines répondent, chez les sportifs, à trois critères importants, la qualité (c'est-à-dire les proportions relatives entre les différents acides aminés essentiels), la quantité (c'est-à-dire la part de la ration qui leur est dévolue) et enfin la chronologie des apports. Ce dernier point peut faire référence à de complexes notions de chronologies d'apports à assurer en fonction de rythmes biologiques de synthèses particulières (par exemple pour les neurotransmetteurs). Ainsi, en cas d'utilisation accrue de la tyrosine (précurseur des catécholamines) dans le cadre d'un stress chronique tel qu'on le rencontre dans le sport de haut niveau, un apport plus élevé peut se justifier le matin, au moment où la synthèse des catécholamines est à son acrophase [17, 29, 30-3]. Cela passe par l'éventuelle introduction de protéines d'origine animale, tels que œufs ou jambon, pas du tout dans nos mœurs. Cette notion de chronologie alimentaire vise aussi à optimiser l'assimilation des acides aminés. Or, pour une meilleure utilisation cellulaire, on préconise, chez des sujets jeunes, de fractionner davantage la ration protéique, en trois prises principales plutôt que deux. Cela passera notamment par une ingestion plus importante le matin et lors de la collation de récupération [34]. Dans ce dernier cas, l'absorption conjointe de glucides et de protéines stimule la libération d'insuline qui, à son tour, favorise leur entrée rapide dans les tissus [19]. Mais ici, elle renvoie surtout au fait que, à la fin d'une activité, des processus physiologiques se tenant temporairement dans les cellules peuvent nécessiter des apports protéiques particuliers à ce moment-là.

Les besoins quantitatifs sont déterminés en partie par le niveau d'apport glucidique, dans la mesure où si celui-ci est trop faible l'utilisation de certains acides aminés comme nutriment énergétique va s'accroître [35]. Mais en général, avec un apport compris entre 1 g/kg/j et 1,5 g/kg/j, les besoins quantitatifs sont a priori satisfaits. Spontanément, les sportifs atteignent très souvent ce niveau d'apport.

La notion de « qualité » est plus délicate à apprécier, et est davantage influencée par des facteurs individuels. Un élément intervient cependant beaucoup : Lors d'efforts prolongés, au moment où les réserves de glycogène atteignent un niveau plancher fatidique, certains acides aminés sont davantage consommés par les muscles. Il s'agit des acides aminés « ramifiés » [14, 36, 37]. L'importance de ce mécanisme et ses conséquences varient selon les individus et les circonstances, mais il est clair qu'une baisse de leur disponibilité peut affecter les fonctions immunitaires [36], digestives ou cérébrales à des degrés divers selon les caractéristiques métaboliques et individuelles de chacun [10, 14, 38].

En conclusion, un apport glucidique autour de 6 g par kg de poids et par jour semble suffire, dans le cadre de la ration dite « d'entraînement » pour assurer le déroulement optimal des divers processus physiologiques sollicités par l'exercice. Par contre, la chronologie des prises doit être soigneusement modélisée, avec en particulier des modalités d'ingestion pendant et après l'effort qui doivent être très précises. Ces apports glucidiques vont s'associer à une légère augmentation des apports lipidiques (autour de 1,2 g/kg et par jour) et le maintien d'un apport protéique optimal. En général, la ration protéique d'un point de vue quantitative est satisfaisante. Par contre, les phénomènes métaboliques et hormonaux suscités par l'exercice justifient le respect d'une chronologie d'apport précise, visant à assurer le bon déroulement des processus de récupération.

### Le problème de l'inconfort digestif

La survenue de troubles digestifs chez les sujets pratiquant une activité sportive régulière ont fait l'objet d'abondantes revues de littérature, qui ont souligné leur extrême fréquence et, simultanément, ont permis de dégager certaines tendances importantes. Le phénomène d'ischémie-reperfusion, particulièrement prononcé au niveau intestinal, fragilise une muqueuse qui assure une surface d'échange de près de 300 m<sup>2</sup> [9, 39], au point d'occasionner, dans certains cas, des épisodes de saignement [40]. L'accomplissement régulier de séances intenses ou prolongées provoque un phénomène de perméabilité intestinale aux conséquences complexes [41, 42]. De plus, les intestins sont le siège de mécanismes immunitaires devant garantir la tolérance des aliments consommés, et assurer la défense des muqueuses [43]. Enfin, les processus digestifs nécessitent un apport de sang et d'énergie qui peut se trouver compromis lors d'un travail musculaire. Les perturbations des fonctions digestives consécutives à la réalisation d'un exercice isolé ou à la pratique régulière d'une activité, sont variables en importance et en gravité selon les individus. Ce qu'il en ressort, c'est qu'un certain nombre de règles simples doivent être prises en compte, plus particulièrement chez les sujets vulnérables, telles que l'adoption d'un régime sans résidu modulé lors des dernières 48 à 72 heures avant un marathon, le respect d'un délai suffisant entre le dernier repas et l'entraînement qui suit (au minimum de 2, voire plus en cas d'exercice intense), sur le choix d'aliments bien tolérés (avec une relative prudence vis-à-vis du lactose) au cours du dernier repas, et sur l'éviction des solides en cours d'activité intense [7]. Elles portent aussi sur les modalités d'hydratation à l'effort (dilution, fréquence des prises et volumes ingérés, et éventuellement sur la façon dont les aliments seront peu à peu réintroduits après des exercices s'étant déroulés dans des conditions particulièrement défavorables (par exemple dans la chaleur). Il n'est pas possible ni souhaitable de proposer un protocole standardisé précompétitif visant à assurer un confort digestif optimal, certains sujets n'ayant pas besoin de procéder à des évictions trop sévères, à l'inverse d'autres beaucoup plus vulnérables sur ce plan. Par ailleurs, dans notre réflexion sur l'accompagnement micronutritionnel du sportif, nous considérons que les troubles digestifs survenant à l'effort peuvent ne pas être seulement la conséquence de l'activité elle-même. L'intestin constitue véritablement le « maillon faible » du sportif [28]. En outre, les troubles fonctionnels digestifs, les mala-

dies inflammatoires chroniques de l'intestin touchent indifféremment sportifs et tout venant, et cela peut nécessiter un accompagnement individualisé pouvant justifier la complémentarité à base de souches de probiotiques choisies en fonction de leurs actions propres. Peu de travaux portent spécifiquement sur l'intérêt des probiotiques chez les sportifs [44], mais rien n'incite à penser, actuellement, que les effets favorables qu'on leur attribue dans la population générale ne puissent être attendus chez les cyclistes ou les marathoniens. En pratique, au quotidien, nous le constatons en permanence.

### La couverture des besoins micronutritionnels

« Occupez-vous des calories, le reste suivra », affirmait Astrand au début des années 1970 [5]. Le recul acquis depuis dans ce domaine a peu à peu contredit ce dogme un peu trop réducteur. Divers travaux décrivent que, sous l'effet de besoins augmentés ou de pertes accrues, l'optimisation du statut micronutritionnel des sujets sportifs passe par des apports accrus. Il est difficile d'apprécier le statut individuel de chaque membre de la population sportive, considérée, dans sa globalité comme un groupe à risque. Il paraît acquis, aujourd'hui, qu'une fraction non négligeable de la population des sportifs d'endurance présentent des déficits micronutritionnels, c'est-à-dire des apports sub-optimaux susceptibles d'occasionner des perturbations fonctionnelles. Face à ceux-ci, la stratégie correctrice à adopter suscite des débats passionnés. La complémentarité individualisée à visée de santé, telle que la pratique les médecins micronutritionnistes, est parfois considérée comme une incitation à la conduite dopante. Nous avons exposé par ailleurs notre approche du problème [10, 28]. Quoiqu'il en soit, la recherche d'une ration à haute densité nutritionnelle est une démarche nécessaire, qui ne suffira pas forcément pour optimiser le statut micronutritionnel des sportifs d'endurance. Un contenu d'assiette « idéal » en théorie devra respecter au plus près les recommandations du PNNS, et fournir au sportif suffisamment de fruits et légumes frais (au moins cinq portions par jour), une diversité de céréales et légumes secs, si possible complets, des huiles de qualité première pressées à froid « bio », une ingestion régulière de poisson (notamment gras) et éventuellement la prise régulière d'aliments très riches en divers micronutriments comme le foie, le germe de blé, la levure de bière, les noisettes le chocolat, en fonction des goûts et des possibilités de chacun [45]. Ces choix assurés, rien ne permet pour autant de présumer de la disponibilité de ces nutriments en quantité suffisante au niveau cellulaire, en particulier en raison de l'étape digestive parfois très perturbée. Il nous paraît en tout cas évident que les conseils habituellement donnés aux sportifs, mettant l'accent sur les féculents, le riz, les pâtes, le pain blanc, ne conviennent pas sur ce plan-là. Le souci de pallier au maximum au risque de déficit va en tout cas être intégré aux conseils pratiques énoncés ci-dessous.

### L'équilibre acide-base

L'équilibre tissulaire dynamique nécessite que les cellules préservent leur pH dans une marge de valeur relativement étroite. L'exercice est susceptible de provoquer une acidose et l'aptitude à faire intervenir le pouvoir tampon

constitue un critère déterminant, à la fois sur le plan des performances et sur celui de la récupération. La prise en compte de ce paramètre a suscité divers travaux où des rations caricaturales et des interventions pharmacologiques (avec des sels de bicarbonate) visaient à modifier le pH [46, 47]. Dans des travaux assez anciens, Maughan a établi qu'une ration hyper carnée tendait à diminuer la réserve alcaline de sportifs alors que, au contraire, une alimentation à caractère végétarien jouait dans l'autre sens. Plus récemment, un groupe de chercheurs a proposé un nouvel outil pour apprécier de manière plus physiologique l'impact véritable des aliments sur l'équilibre acide-base de la ration et la mobilisation éventuelle des tampons corporels (tels que ceux de l'os) pour préserver l'homéostasie. Ce nouveau concept se nomme le « PRAL » (Potential Renal Acid Load) [48], et il permet de dresser une table de pouvoir acidifiant des aliments, rappelant par exemple celui des index glycémique. Ce « PRAL » nous enseigne que les végétaux frais sont alcalinisants, tout comme les pommes de terre et les légumes secs, que le lait, les yaourts et les huiles sont neutres, que les céréales sont légèrement acidifiantes, que les poissons et les fromages frais le sont davantage, et qu'enfin les fromages à pâte dure et les viandes rouges sont très acidifiants. Cet outil ne désigne pas de « bon » ou de « mauvais » aliment, mais il aide à débusquer d'éventuels déséquilibres, notamment ceux à caractère chronique tel qu'on les rencontre chez les sportifs (nombreux), se nourrissant essentiellement de pâtes, viande et fromage. En préalable à certains entraînements intenses ou lorsque la récupération prévaut, ces considérations seront intégrées au protocole nutritionnel proposé.

## Modèles de protocoles d'accompagnement

### Matin

Le petit déjeuner fournira évidemment des glucides, plutôt à index faible, mais dont le choix dépendra aussi de la digestibilité des aliments considérés, de la présence éventuelle d'un entraînement ce jour-là et de son horaire.

Il comprendra aussi un fruit (plutôt qu'un jus de fruit, plus vite assimilé) et un produit laitier bien toléré, en évitant en général les sources de lactose la veille et le jour d'une compétition.

Une boisson chaude y figurera aussi, mais avec modération pour éviter d'accélérer le transit en cas de prise excessive, et on y prévoira enfin une source de protéines animales, notamment chez ceux qui courent le midi ou s'entraînent plus de 4 fois par semaine.

Dans le cas où la séance se tient le matin, le respect du confort digestif conduira à choisir entre deux options, soit effectuer la séance avant (et dans ce cas, on se munira impérativement d'une boisson énergétique), soit respecter un délai de deux heures, quitte à retarder l'heure du repas lors des séances dominicales.

Durant la séance, on recommandera la prise d'environ 500 ml d'une boisson hypo ou isotonique par heure, en 3 ou 4 prises, et sitôt celle-ci terminée, on entreprendra la « collation de récupération », imposée même dans le cas où le repas a lieu moins d'une heure après. Elle comprendra à minima un verre de jus de fruit ou de boisson énergétique, mais on y associera avec bonheur fruit ou fruits secs, yaourt à boire ou soja à boire et quelques

fruits oléagineux, le tout assurant un rapport glucides/protéides optimal en vue d'une récupération parfaite.

Le repas du midi débutera par des légumes crus ou une salade (avec une cuillerée à soupe d'huile « santé »), ceci permettant de restaurer l'équilibre acide-base de l'organisme. Suivra un plat associant un tiers de protéines, un tiers de légumes et un tiers de féculents, voire davantage de féculents si la séance a provoqué une mobilisation conséquente du glycogène. Dans ce cas, la portion est accrue d'un tiers. Un laitage et un autre fruit peuvent compléter ce repas, mais il peut aussi s'agir de la combinaison entrée-plat principal. Au cas où un effort intense a lieu ce jour-là, on évite la viande rouge et le fromage à pâte dure (aliments les plus acidifiants et, de surcroît, très longs à digérer). Un peu de germe de blé ou de levure de bière, aliments à « haute densité nutritionnelle », peuvent être saupoudrés sur l'un des plats.

En cas de fermentations fréquentes, on préférera consommer les fruits crus à distance des repas. C'est une mesure à envisager au cas par cas.

La taille des portions est laissée à la libre appréciation de chacun, l'appétit se régulant assez bien à l'échelle de la semaine, des compensations se faisant parfois avec un délai de 48 heures à la suite d'efforts conduisant à une dépense particulièrement élevée [37].

Une collation peut être prévue dans l'après-midi, à base de fruits et, chez ceux qui s'entraînent souvent, un apport de céréales et/ou de fruits secs et oléagineux peut s'envisager en complément.

Le repas du soir sera assez proche, dans sa construction, de celui du midi, à ceci près qu'on préférera choisir ses sources de protéines animales parmi les poissons, les œufs, la volaille ou les remplacer par des protéines végétales (type « tofu ») et que la ration de céréales pourra être légèrement supérieure à celle du midi.

L'hydratation sera libre, un verre de vin rouge par repas s'inscrivant dans le cadre d'une alimentation « santé ».

En cas de compétition on prévoira, lors des 48 heures précédentes, à limiter la prise de viande rouge et de fromage à pâte dure, on accroîtra les portions de féculents d'environ 1/3, et on envisagera, au cas par cas, une diminution plus ou moins importante de l'ingestion de légumes crus, céréales complètes et légumes secs, ceci afin de se prémunir au maximum contre l'inconfort digestif.

Le jour de la compétition, le délai entre le dernier repas et le début de l'effort sera porté à trois heures et les aliments susceptibles d'occasionner des troubles intestinaux seront évités. Les portions seront laissées à la libre appréciation du compétiteur, une petite faim n'étant pas, ce jour-là, particulièrement préjudiciable. Tout est déjà joué à ce moment-là et la crainte de trop peu manger et de « manquer d'énergie » à cause d'un repas frugal est rarement avérée. La prise de boisson débutera dès le début de l'échauffement, de manière à assurer la stabilité de la glycémie et à éviter d'entamer prématurément ses réserves hépatiques.

## Bibliographie

- [1] Noakes T. - *Lore of running*. 4th Ed. 2002, Oxford Univ. Press
- [2] Brouns F., Saris WHM et al. - Eating, drinking and cycling. A controlled Tour de France simulation study. II. Effect of diet manipulation. *Int. J. Sports Med.*, 1989, 10, S41-S.

- [3] Brouns F. - Les apports nutritionnels des athlètes. 1994, Masson Ed.
- [4] Coyle E. - Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. *J. Sports Sci.*, 1991, 9, S 39-52 (special issue).
- [5] Astrand P.O., Rodahl K. - Précis de physiologie de l'exercice musculaire - 3e édition. 1994, Masson Ed.
- [6] Peronnet F. - Le marathon. 1992, Vigot Ed.
- [7] Riche D. - Guide nutritionnel des sports d'endurance - 2<sup>e</sup> Ed., 1998, Vigot Ed.
- [8] Katch W., Mc Ardle F. - Physiologie de l'exercice, 1985, Vigot Ed.
- [9] Riché D. - L'entraînement n'est pas une science. 2004, VO2 Ed.
- [10] Chos D., Riché D. - Diététique et micronutrition du sportif, 2001, Vigot Ed.
- [11] Essen B. - Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise. *Acta Physiol.Scand.*, 1978, (Suppl.454), 1-32.
- [12] Alessandri J.M., Guesnet P. et al. - Fonctions biologiques des acides gras polyinsaturés dans les membranes nerveuses : une évolution des concepts. *Cah. Nutr. Diét.*, 2004, 39 (4), 270-80.
- [13] Zhang B., Marcus S.L. et al. - Identification of a peroxisome proliferators-responsive element upstream of the gene encoding rat peroxisomal enoyl-coA hydratase/3-hydroxyacyl-cooA déhydrogenase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1992, 89, 7541-5.
- [14] Kreider R.B., Miriel V. et al. - Amino acid supplementation and exercise performance- analysis of the proposed ergogenic value. *Sports Med.*, 1993, 16 (3), 190-209.
- [15] Pendergast D.R., Leddy J.J. et al. - A perspective on fat intake in athletes. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2000, 19, 345-50.
- [16] Piehl K. - Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibers following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiol. Scand.*, 1974, 90, 297-302.
- [17] Williams C. - Carbohydrate Intake and recovery from exercise. *Sci. Sports*, 2004, 19 (5), 239-45.
- [18] Mc Givrey R.W. - The use of fuels for muscular work. In: Howald H., Poortmans JR (eds) : *Metabolic adaptations to prolonged physical exercise. Proc 2<sup>nd</sup> Int.Symp. Biochem.* Basel, Birkhäuser Verlag, 1973, 12-20.
- [19] Zadawski K.M., Yaspelkis B.B. et al. - Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J. Appl. Physiol.*, 1992, 72, 1854-9.
- [20] Jenkins D.J.A., Wolever T.M.S. et al. - Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1981, 34, 362-6.
- [21] Bigard X. - Réponses du muscle à l'exercice et récupération. *Sci. Sports*, 2004, 19 (5), 246-63.
- [22] Wee S.L. et al. - Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 1999, 31, 393-9.
- [23] Cordain L. - The nutritional characteristics of a contemporary diet based upon paleolithic food groups. *JANA*, 2002, 5 (3), 15-24.
- [24] Bishop N.C., Blannin A.K. et al. - Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sports Med.*, 1999, 28 (3), 151-76.
- [25] Nieman D.C., Fogoaga O.R. et al. - Carbohydrate supplementation affects blood granulocyte and monocyte trafficking but not function after 2.5 hrs of running. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1997, 66, 153-9.
- [26] Chos D., Riché D. - Apports de sécurité en lipides chez le sportif à haut niveau d'entraînement. *Sci. Sports*, 2005, à paraître.
- [27] Renaud S., De Lorgeril M. et al. - Cretan mediterranean diet for prevention of coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1995, 61 (Suppl.), 1360S-7S.
- [28] Chos D. - Lo utrité si je mange. 2004, JM Laffont Ed.
- [29] Jeukendrup A.E., Saris W.H.M. et al. - Fat metabolism during exercise: a review. Part I: Fatty acid mobilization and muscle metabolism. *Int. J. Sports. Med.*, 1998, 19, 231-44.
- [30] Venaktraman J.T., Pendergast D.R. - Effect of dietary intake on immune function in athletes. *Sports Med.*, 2002, 32 (5), 323-37.
- [31] Knechtle B., Müller G. et al. - Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling. *Int. J. Sports Med.*, 2004, 25, 38-44.
- [32] Glaeser B.S., Maher T.J. et al. - Changes in brain levels of acidic, basic and neutral amino acids after consumption of single meals containing various proportions of protein. *J. Neurochem.*, 1983, 41 (4), 1016-23.
- [33] Wurtman R., Lewis M. - Exercise, plasma composition and neurotransmission. *Med. Sports Sci.*, 1991, 32 (special issue), 94-109.
- [34] Decombaz J. - Protéines et acides aminés dans la récupération post-effort. *Sci. Sports*, 2004, 19 (5), 228-33.
- [35] Lemon P.W.R. - Does exercise alter protein requirements? *Med. Sport Sci.*, 1991, special issue, 32, 15-37.
- [36] Poortmans J., Boisseau N. - Biochimie des activités musculaires. 2002, De Boeck Ed.
- [37] Blomstrand E., Hassmen P. et al. - Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise-effect on performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1991, 63, 83-8.
- [38] Boza J.J., Moennoz D. et al. - Neither glutamine nor arginine supplementation of diets increase glutamine body stores in healthy growing rats. *Clin. Nutr.*, 2000, 19, 319-25.
- [39] Brouns F., Backers E. - Is gut an athletic organ? *Sports Med.*, 1993, 15 (4), 242-57.
- [40] Halvorsen F.A., Lying J. - Intestinal disease and marathon. *Scand. J. Gastroenterol.*, 1986, 21, 493-7.
- [41] Baska R., Moses F. et al. - Gastrointestinal disease during an ultramarathon. *Dig. Dis. Sci.*, 1990, 35 (2), 276-9.
- [42] Pals K.L., Chang R.T. et al. - Effect of running intensity on intestinal permeability. *J. Appl. Physiol.*, 1987, 82, 571-6.
- [43] Riché D. - Hyperperméabilité Intestinale chez le sportif : Mécanismes, conséquences et prise en charge. *NAFAS*, 2004, 2 (3), 17-29.
- [44] Tiollier E., Chennaoui M. et al. - Respiratory infections and immune and hormonal parameters during intense training: a potential challenge test to assess the efficacy of functional foods such as probiotics. 2005, *Int. J. Sports Nutr. Metab.*, submitted.
- [45] Riché D. - Minéraux et oligoéléments dans la pratique sportive. *Sci. Sports*, 1996, 11, 211-22.
- [46] Mc Naughton L., Dalton B. et al. - Sodium bicarbonate can be used as an ergogenic aid in high-intensity competitive cycle ergometry of 1 hr duration. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1999, 80, 64-9.
- [47] Maughan R., Greenhalf P. - High intensity exercise performance and acid-base balance: The influence of diet and induced metabolic alkalosis. *Med. Sports Sci.*, 1991, 32, 147-65.
- [48] Remer T. et al. - The potential renal acid load. *J. Am. Diet. Ass.*, 1995, 96, 791-7.