

Article original

## Apports de sécurité en lipides chez le sportif à haut niveau d'entraînement

### Safety fat intake among athletes with a high level of training

D. Chos<sup>a</sup>, D. Riche<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Institut européen de diététique et de micronutrition (IDEM), péricentre, 2–15, avenue Thuès, 14000 Caen, France

<sup>b</sup> Service expertise nutrition du sport, BP 59, 66704 Argeles-sur-mer, France

Reçu le 5 novembre 2003 ; accepté le 10 mai 2004

Disponible sur internet le 12 janvier 2005

#### Résumé

**Objectifs.** – Déterminer quels sont les besoins en lipides de sportifs ayant un gros volume d'entraînement.

**Matériels et méthodes.** – Dix-neuf volontaires pratiquant la course à pied de longue distance ou le cyclisme furent recrutés sur la base du volontariat. Le protocole faisait appel à l'utilisation conjointe d'une enquête alimentaire associant un questionnaire de fréquence et un relevé sur quatre jours, permettant d'apprécier plus particulièrement la ration lipidique et à une évaluation biologique du « statut en acides gras ».

**Résultats.** – En dépit d'un apport moyen de l'ordre de 1.5 g/kg par jour, 18 sportifs sur 19 présentaient, sur le plan biologique, des perturbations, touchant plus particulièrement le statut en « oméga 3 ». La valeur prédictive de l'enquête alimentaire est très faible, sauf en ce qui concerne le risque de déficit en « oméga 3 ». Il apparaît en effet que l'éviction systématique de l'huile de colza donne quasiment toujours lieu à un déficit en un ou plusieurs acides gras de la lignée « oméga 3 ». De plus, un apport glucidique insuffisant (inférieur à 6 g/kg par jour) favorise la présence d'anomalie sur le statut en acides gras, et ce quel que soit le niveau d'apport lipidique du sujet.

**Conclusion.** – Il se confirme qu'une forte proportion des sportifs à haut niveau d'entraînement présentent des déficits en acides gras de la lignée « oméga 3 », et qu'un apport lipidique de « sécurité » proche de 1.3 g/kg par jour est indispensable à une meilleure couverture des besoins lipidiques. Cependant, la qualité des apports est cruciale. En l'absence d'huile de colza, les besoins en « oméga 3 » paraissent beaucoup plus difficiles à satisfaire, même avec un niveau d'apport lipidique supérieur à 1.5 g/kg par jour. Enfin, un apport glucidique optimal est indispensable à la satisfaction des besoins lipidiques du sportif.

© 2004 Publié par Elsevier SAS.

#### Abstract

**Aim.** – This study aimed at defining how many fats require sportsmen with a high volume of training.

**Materials and method.** – Nineteen ultra athletes and cyclists volunteered to take part. We assessed lipid intake with a 4-day dietary recall and a frequency questionnaire, in order to have a more precise quantification as possible.

**Results.** – Our results showed first that in spite of a mean fat intake of 1.5 g/kg per day, eighteen out of our nineteen subjects presented with a biological abnormality, most of which concerned "omega 3" fats. Dietary recall did not help predicting any deficiency, except for "omega 3". Every time rapeseed oil was not consumed, biological abnormalities were seen. Moreover, a carbohydrate intake below 6 g/kg per day increased the probability for a subject to have his biological fatty acids status being disturbed.

**Conclusion.** – We concluded that "safety fat intakes" must be increased to 1.3 g/kg per day and that a high quality is required for fats. When rapeseed oil is lacking, "omega 3" requirements are harder to meet, even with fats intake far beyond 1.5 g/kg per day. Moreover, an optimal carbohydrate intake is necessary in order to meet fats requirements.

© 2004 Publié par Elsevier SAS.

**Mots clés :** « Oméga 3 » ; Apports de sécurité ; Besoins en lipides

**Keywords:** "Omega 3"; Safety intake; Fat requirements

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [sensriche@aol.com](mailto:sensriche@aol.com) (D. Riche).

## 1. Introduction

### 1.1. Les recommandations d'apport lipidique

On les a longtemps considérés comme des nutriments qui, fournis en trop grande quantité, se révèlent défavorables à la performance, voire néfastes. Les apports alimentaires en lipides sont à rapprocher des réserves adipeuses de l'organisme. Or, celles-ci représentent, même chez un individu maigre, un potentiel énergétique tel qu'il paraît inconcevable, d'un strict point de vue énergétique, de se poser la question d'un besoin minimal [1]. Par ailleurs, on associe communément une surconsommation de graisses alimentaires à un risque accru de maladies cardiovasculaires et de surpoids. En ce qui concerne le surpoids, de récents travaux relancent le débat. Une méta-analyse des différentes études conduites sur ce thème suggère que la responsabilité d'une ration hyperlipidique et normocalorique dans la survenue de l'obésité est très sujette à caution [44]. Mais classiquement, on a quand même plutôt tendance à conseiller au sportif de ne pas dépasser un apport « limite » en lipides, au-delà duquel le risque de surpoids, de pathologie cardiovasculaire ou de contre-performance serait majoré. Ainsi, la plupart des auteurs recommandent aux sportifs de ne pas porter leur ration lipidique au-delà de 30, voire 25 % de l'apport énergétique total. Quelques auteurs, comme Robert Haas [17], préconisent même des apports encore plus bas (de l'ordre de 10–15 %), largement en dessous des recommandations faites aux sédentaires. Il convient de pondérer ces chiffres du fait qu'ils sont exprimés en valeur relative, et que compte tenu d'apports énergétiques totaux bien plus élevés chez les athlètes, une ration à 5000 kcal par jour comprenant 15 % de lipides peut, dans l'absolu, en renfermer davantage que telle autre, délivrant 2000 kcal dont 30 % sous forme de lipides. Comparer ces références ne permet donc pas d'avoir une vision claire des recommandations à édicter, d'autant qu'à cet aspect quantitatif s'ajoute celui des apports qualitatifs à assurer. Ces derniers prennent en compte les rôles structuraux et fonctionnels des acides gras essentiels. En effet, différents travaux s'intéressant aux relations entre la ration lipidique et la maladie athérotrombotique soulignent le rôle protecteur majeur attribué au modèle méditerranéen d'inspiration crétoise [35], lequel accorde une large place aux lipides et assure un apport élevé en acide alphalinoléique, auquel on attribue une large part de ce rôle protecteur. En outre, les acides gras polyinsaturés servent de précurseurs aux « eicosanoïdes », dotées de rôles régulateurs cruciaux [6,32,36]. Cela tient entre autres aux rôles régulateurs des prostaglandines, prostacyclines, leucotriènes et thromboxanes dans divers phénomènes tels que la coagulation, l'agrégation plaquettaire, l'inflammation, la rhéologie ou le contrôle du métabolisme. Ces observations ne concernent pas directement le sujet sportif, mais d'un point de vue santé elles méritent qu'on commence à en évaluer la portée chez lui.

Pour ces raisons « fonctionnelles », la dernière version des ANC fait état, pour la population en général, de chiffres très

précis en ce qui concerne les apports lipidiques optimaux. Du strict point de vue quantitatif, un apport proche de 30 % est considéré comme adéquat. De plus, des besoins plus spécifiques en acides gras saturés, mono-insaturés, polyinsaturés des lignées « oméga 3 » et « oméga 6 » sont clairement exprimés.

Paradoxalement, il n'est pas usuel de définir des besoins minimaux en lipides spécifiques au sportif, et les chiffres récemment proposés par différents experts, notamment dans le cadre des Apports nutritionnels conseillés (ANC.) soulignent qu'il serait souhaitable qu'ils soient compris, pour cette population particulière entre 20 et 30 % de la ration énergétique, dans un souci de performance. Il existe donc, en ce qui concerne les sportifs, une situation paradoxale où les recommandations générales prenant en compte les effets bénéfiques de certains constituants de la ration lipidique sur la santé ne sont pas considérées. Ainsi, chez les sportifs, les besoins en A.G.P.I oméga 6 et oméga 3 sont considérés comme équivalents à la population générale.

### 1.2. Les rôles clés des lipides

Tant dans le domaine de la santé que dans celui de l'exercice physique, les lipides font aujourd'hui l'objet d'un très net regain d'intérêt, en particulier en dehors de nos frontières, de la part de spécialistes qui leur reconnaissent des fonctions très importantes en ce qui concerne leur rôle régulateur sur le métabolisme et leur implication dans l'immunité [11,19,41–43]. Les acides gras sont indispensables à plusieurs titres :

- par un rôle classique.

Ils interviennent en tant que pourvoyeurs d'énergie, surtout pour des efforts de longue durée [16].

On distingue trois sources de lipides (foie et sang, adipocytes, muscle). Ce dernier pool peut être déficitaire en raison d'apports lipidiques insuffisants, comme différents travaux l'ont souligné [21,23,27]. À l'inverse, en relevant la ration lipidique à un niveau plus proche de 30–35 % de l'apport énergétique total, on note une restauration des capacités d'endurance, s'exprimant par un allongement du temps de soutien à un pourcentage donné de la  $VO_{2max}$ , pouvant aller jusqu'à une valeur comprise entre 60 et 70 % de  $VO_2 Max$  [18,21–24,26,30] ;

- par des rôles annexes moins connus.

Il s'agit d'une part de leur participation à la structure de toutes les membranes cellulaires et subcellulaires [3,7,37]. Ils interviennent par ailleurs comme précurseurs de facteurs essentiels impliqués dans l'immunité, l'inflammation, la vasoconstriction, le contrôle du métabolisme [8,37]... Ces derniers dérivent des acides gras essentiels (lignées oméga 6 et surtout oméga 3), qui sont exclusivement tirés de l'assiette. De ce point de vue, ayons à l'esprit que les acides gras « essentiels » sont fragiles, très sensibles à la peroxydation. En outre les enzymes de conversion (transformant les deux précurseurs que sont le lino-

léique et l'alphalinoléique en leurs dérivés à longue chaîne, font l'objet de régulations complexes, dont beaucoup sont liés au statut hormonal, au métabolisme et à la nutrition [3,7,9,37].

### 1.3. Le niveau de consommation d'acides gras par les populations sportives et les conséquences qui en résultent

Différentes études reposant sur des enquêtes alimentaires faisant appel au questionnaire de fréquence sur une période de trois à sept jours ou à la double pesée ont montré qu'il est extrêmement fréquent que les apports lipidiques relatifs spontanés des sportifs se situent souvent en dessous des recommandations s'adressant aux sédentaires. Certaines publications récentes soulignent ainsi que le niveau de la ration lipidique des sportifs est insuffisante, et ce qu'elle soit exprimée en % de l'apport énergétique total ou en g/kg par jour. Dans ces études, ils seraient proches de 20 % [20,25,36], voire 15 % [4,11] ou inférieurs à 1 g/kg par jour [3]. Par ailleurs, sur le plan qualitatif, des déficits en acides gras essentiels peuvent être suspectés. Une étude menée auprès de footballeurs de haut niveau révèle un déficit en acides gras essentiels [15]. En fait, il est rare que la ration lipidique soit spontanément satisfaisante, hormis dans des disciplines comme la natation où le poids et la densité corporelle sont perçus différemment en termes de performance [39]. Un récent travail, mené auprès de 29 rugbymen français de haut niveau, couplant des paramètres biologiques à une enquête alimentaire montre un niveau d'apport lipidique moyen de l'ordre de 1,35 g/kg par jour, mais des apports en acides gras polyinsaturés trop faibles [13]. On n'associe pas systématiquement à cette restriction lipidique une altération des performances. On doit cependant, compte tenu de l'impact de ces déficiences dans la population générale, s'interroger sur leur possible contribution à l'apparition de dysfonctionnements physiologiques préjudiciables, tant du point de vue des performances que de celui de la santé [1,3,10,30,36], avec des problèmes tels que le surmenage, la baisse des défenses immunitaires [3] ou encore l'aménorrhée [5]. Par ailleurs, l'apport équilibré d'acides gras, conforme à ce qui est conseillé dans le cadre du régime méditerranéen d'inspiration crétoise, diminue la formation de cytokines pro-inflammatoires et promeut celle de cytokines anti-inflammatoires [19]. De ce fait, certains experts voient d'un œil moins favorable que la majorité des spécialistes la tendance actuelle à la restriction lipidique de nombreux sportifs. Selon eux, en effet, *les lipides alimentaires peuvent aider à réduire le stress lié à l'exercice et n'ont aucun effet défavorable sur la santé de l'athlète* [42]. Cependant, paradoxalement, la restriction des apports lipidiques serait, en regard des recommandations s'adressant aux sportifs, encore perçue comme une situation a priori favorable.

### 1.4. La contribution de la biologie micronutritionnelle à l'avancée des connaissances

Depuis 1997, de nombreux sportifs ont bénéficié d'une exploration de leur statut en acides gras plasmatiques dans le

cadre des suivis personnalisés en biologie et micronutrition [9]. C'est ce bilan qui dresse l'état d'un grand nombre d'acides gras qui a été utilisé par Serge Renaud dans le cadre de son étude « Lyon Heart Study » [35]. Son travail avait corrélié un certain nombre de perturbations chroniques du profil biologique en acides gras à un risque accru d'accident cardiovasculaire. Il avait également montré que le choix des acides gras de la membrane des globules rouges comme matrice permettait une relative constance des paramètres mesurés et reflétait de manière relativement fiable la nature des apports réalisés au cours des trois derniers mois. Ces paramètres varient peu en aigu.

Les résultats de ces profils en acides gras nous ont surpris par la présence d'une fréquence anormale d'un déficit en plusieurs acides gras notamment dans la famille des AGPI oméga 6 et oméga 3. Deux travaux préliminaires nous ont convaincus que ces résultats concernaient tous les sports. Il n'est pas possible, en l'état actuel de nos connaissances, de savoir si ces perturbations, souvent chroniques, ont la même signification défavorable que chez un sédentaire. Mais compte-tenu des éléments à notre disposition, tirés des travaux menés au sein de la population tout-venant, et notamment de l'absence d'effet favorable d'un taux faible d'acide alphalinoléique, le souci de protéger la santé du sportif nous a conduits à nous interroger sur la nature des recommandations nutritionnelles à adresser aux sportifs, relativement — en particulier — à la prévention des risques cardiovasculaires. En outre, s'agissant d'un acide gras « essentiel », la chute de son taux plasmatique reflète exclusivement un déséquilibre entre les apports et l'utilisation. C'est ce qui nous a conduits, dans le cadre d'un travail préliminaire, à chercher à définir des apports de sécurité en lipides, permettant de maintenir à un niveau jugé normal pour la population générale les valeurs biologiques des acides gras, notamment de ceux des lignées « oméga 3 » et « oméga 6 ».

### 1.5. Un consensus à trouver

La prise en compte de ces nouveaux éléments nous a conduits à formuler différemment le problème des besoins lipidiques chez le sportif. Nous avons proposé par ailleurs le concept des « apports de sécurité » où, comme dans le cas des besoins en glucides et en protides, il nous semblait utile d'exprimer les apports journaliers et les besoins en lipides en g/kg de poids et par jour, de façon à donner des repères plus précis. Les premiers éléments en notre possession nous ont suggéré de situer ces premières recommandations autour de la valeur d'1 g/kg par jour, chiffre aujourd'hui proposé dans la dernière version des « apports conseillés pour la population française » comme étant l'apport optimal pour un individu sédentaire [29]. Dans les travaux susmentionnés où des effets défavorables étaient associés à une ration lipidique insuffisante, l'apport exprimé en % de la ration énergétique totale était trouvé inférieur à 25, voire à 15 % [27,32,36]. Exprimée en g/kg par jour, cette ration lipidique donnait des chiffres largement inférieurs à 1 g/kg par jour,

## 1.6. L'objet de cette étude

Les résultats de ces observations préalables de profils en acides gras nous ont surpris par la présence d'une fréquence anormale d'une baisse du taux de plusieurs acides gras notamment dans les familles des AGPI oméga 6 et oméga 3. Ces données de biologie concernent des nutriments dont le niveau d'apport, par les enquêtes alimentaires classiques, est difficile à estimer. Le présent travail a donc pour objet de confirmer ces observations et de préciser les corrélations entre consommation alimentaire et statut en acides gras et d'observer l'évolution des résultats biologiques sur trois mois après conseils alimentaires et éventuellement complémentaires sur deux populations de sportifs à haut niveau d'entraînement.

Dans cette publication, nous exposerons uniquement les données initiales, c'est-à-dire d'une part les résultats de biologie et d'autre part le niveau des apports en protides, glucides et lipides, exprimés en g/kg par jour. Nous cherchions à préciser le niveau des apports de sécurité en lipides. Pour cela, nous avons cherché à établir des liens entre le niveau d'apport des lipides de la ration et les perturbations du bilan biologique mais aussi, comme objectif annexe, de voir si le niveau des apports en glucides et en protides pouvait aussi jouer. On voulait par exemple savoir si, en cas d'apport glucidique insuffisant, le risque de perturbation du statut en acide gras était plus fréquent, même avec un apport en lipides plus élevé.

## 2. Méthode

### 2.1. Population recrutée

Deux groupes de sportifs ont été constitués. Le premier groupe comprenait des coureurs et coureuses à pied, adeptes du trail ou de longue distance, et recrutés par le biais d'une annonce dans la presse spécialisée. Il était constitué de neuf sujets (un coureur a abandonné l'étude en cours de route).

Les seuls impératifs étaient l'absence de prise de compléments et de dopants au moment de l'étude et dans les six mois précédents, et la réalisation d'au moins huit heures d'entraînement hebdomadaire.

Le second groupe se composait de dix cyclistes de niveau départemental et au-delà, avec des charges d'entraînement significatives (au moins 8 heures d'entraînement par semaine) et les mêmes critères d'exclusion que dans le premier groupe (pas de dopants ni de compléments).

### 2.2. Dosage des lipides

L'évaluation des taux de différents acides gras des phospholipides de la membrane des globules rouges, saturés, mono-insaturés et polyinsaturés, constitue ce qu'on nomme le « profil en acides gras », abrégé P.A.G (voir plus bas). Ces évaluations sont réalisées à jeun, à 12 heures du dernier repas

et après s'être abstenu d'un effort intense depuis au moins 48 heures. Les taux d'acides gras sont déterminés par méthode HPLC.

### 2.3. Déroulement de l'étude

#### 2.3.1. Explication des objectifs de l'étude lors d'un entretien initial

Les objectifs et le déroulement de l'étude étaient exposés au cours de l'entretien initial.

#### 2.3.2. Remise d'un dossier permettant de procéder à l'enquête alimentaire (avec le même procédé que lors de l'étude préliminaire)

La méthodologie retenue pour l'évaluation précise des apports en lipides a consisté à confronter un relevé sur quatre jours (dont un jour de fin de semaine) à un questionnaire de fréquence alimentaire. Ce questionnaire comportait une section spécifique où les modes de préparation des aliments et la fréquence avec laquelle ils étaient bouillis, frits, rôtis, cuits avec ajout de matière grasse devaient être détaillés (voir document en annexe). Une grande cohérence existait entre les informations tirées du relevé de quatre jours et le questionnaire de fréquence. D'une manière générale, la section spécifique concernant les modes de préparation des aliments avait été très bien complétée. L'intérêt et l'importance de cette partie du document avaient été expliqués lors de l'entretien initial. La base de données permettant de déterminer les apports en lipides, en glucides et en protides était une compilation des différentes bases disponibles dans le cadre des enquêtes alimentaires (« Prodiét », « Bilnut ») enrichies d'informations tirées des bulletins d'information sur les corps gras et les viandes. Ces bases de données ne permettent pas de spécifier, à partir de l'enquête alimentaire, les parts respectives des différentes familles d'acides gras de chaque ration. Cela étant, dans le but de pouvoir éventuellement dégager des tendances alimentaires éventuellement déterminantes, les types d'huiles consommées étaient nommément désignés. Ainsi, le choix éventuel de l'emploi de l'huile d'olive ou de celle de colza pouvait être confronté à la fois au niveau total de l'apport lipidique et aux données de biologie. Les apports en lipides étaient exprimés en g/kg par jour pour chaque individu, conformément à l'approche des « apports de sécurité » proposée par ailleurs [8].

#### 2.3.3. Réalisation d'un bilan biologique visant à évaluer le statut lipidique

Il englobe des paramètres qui, à la différence de la plupart des marqueurs biologiques utilisés en biologie conventionnelle, ne renseignent pas sur des diagnostics de pathologies décompensées. Ils renseignent plutôt sur des états « précliniques ». C'est donc une biologie à visée préventive, l'expression clinique de ces états étant souvent modeste, voire absente. La lisibilité de ces bilans biologiques est facilitée par la présentation en profils, sous la forme de graphiques [9]. Il com-

prend notamment le PAG (profil des acides gras plasmatiques) associé à un lipidogramme standard, et un PNAR (profil nutritionnel antiradicalaire), associé au récepteur soluble de la transferrine. Le profil des acides gras plasmatiques nous permet de doser avec précision :

- trois acides gras saturés : myristique, palmitique, stéarique ;
- deux acides gras mono-insaturés : palmitoléique et oléique ;
- cinq acides gras poly-insaturés (série oméga 6) : linoléique, gammalinoléique, dihomogammalinoléique, arachidonique et adrénique ;
- trois acides gras poly-insaturés (série oméga 3) : alphalinoléique, eicosapentaénoïque (EPA), et docosahexaénoïque (DHA).

Ce bilan est très utile dans la mesure où les enquêtes alimentaires traditionnelles ne permettent en aucune manière de nous renseigner sur la consommation en acides gras à longue chaîne. C'est un moyen complémentaire d'apprécier le statut de ces sujets, tout en sachant que le contenu de l'assiette et les taux plasmatiques sont souvent mal corrélés. La qualité de l'émulsion des lipides, la digestion, l'absorption, les fonctions hépatovésiculaires ou encore l'activité des élongases ou des désaturases peuvent influencer sur le statut en acides gras. C'est précisément pourquoi l'observation des corrélations entre un contenu d'assiette stable (puisque constituant la moyenne d'habitudes bien établies) et des données biologiques stables à moyen terme présente un intérêt.

#### 2.3.4. Analyse des données et identification des anomalies

Analyse des données et identification des anomalies.

Tableau I  
Apports alimentaires

Identification	Protides (g/kg par jour)	Lipides (g/kg par jour)	Glucides (g/kg par jour)	Énergie (kcal/j)	Lipides (% AET)	Perturbation SAG
F1	2,81	1,79	4,48	2173	39,60	Oui
M1	1,76	1	6,49	3066	21,40	Oui
M2	1,98	1,69	7,23	3643	29,20	Oui
F2	2,12	1,02	4,97	2653	26,9	Non
F3	1,57	1,47	5,86	1423	29	Oui
M3	1,83	2	4,75	2400	21,5	Oui
M4	1,92	2,1	7,76	3608	32,8	Oui
M5	1,37	0,8	4,65	1606	25,25	Oui
M6	1,74	1,44	5,54	2990	37,45	Oui
F4	1	1,63	5,54	2513	35,55	Oui
M7	1,25	0,95	5,29	2529	24,45	Oui
M8	1,8	1,84	6,04	3693	34,6	Oui
M9	2	0,98	8,02	3201	25,50	Oui
M10	2,17	1,76	5	2447	38,8	Oui
M11	1,59	1,20	7	2755	23,95	Oui
F5	2	1,77	5,63	3125	34,1	Oui
M12	1,87	1,43	6,65	3500	31,85	Oui
M13	1,4	0,93	3,2	2117	25,5	Oui
M14	1,98	1,94	7,13	3141	32,3	Oui
Moyenne ± 1 sd	1,80 ± 0,40	1,46 ± 0,41 F : 1,54 ± 1,70 H : 1,43 ± 0,45	5,85 ± 1,24	2767 ± 656,8 F : 2377 ± 2639 M : 2907 ± 3012	30 ± 5,76 F : 33 ± 36,8 H : 28,9 ± 29,95	

(M) : Hommes ; (F) : Femmes.

### 3. Résultats

Sur les 20 sportifs retenus, un seul n'a pas donné suite et a été considéré comme sorti de l'étude.

#### 3.1. Biologie

Les résultats du profil biologique des acides gras plasmatiques ont confirmé les résultats antérieurs (17 déficits en AGPI sur 19 sportifs).

On relève que les taux d'un ou de plusieurs acides gras de la lignée « oméga 3 » sont souvent abaissés relativement à la valeur jugée normale pour la population de référence du même âge (Tableau 1). Le plus fréquemment abaissé est l'acide alphalinoléique. Ces observations correspondent à celles de Serge Renaud concernant la fréquence de taux insuffisants d'acides gras « oméga 3 », et plus particulièrement d'alphalinoléique dans la population générale.

### 4. Discussion

#### 4.1. La méthodologie de l'enquête alimentaire

Une enquête alimentaire, quelle que soit la méthode retenue, ne conduit souvent qu'à une estimation assez grossière des quantités d'aliments réellement ingérées, à moins d'utiliser une procédure particulièrement minutieuse [4,40]. Les types d'investigations les plus communément employés sont

le rappel des aliments consommés au cours des dernières 24 heures [2], ou dans la semaine [10,25], parfois complétées par la pesée des aliments [10]. Une analyse systématique des rations dupliquées, permettant de connaître les pertes réelles occasionnées par la préparation et la cuisson, serait la méthode la plus rigoureuse. Hélas, elle est inapplicable de manière routinière.

Notre enquête, menée durant le printemps 2002, repose sur une approche différente de celle habituellement pratiquée en épidémiologie. Le recrutement est en effet axé sur le volontariat des sujets inclus dans l'observation. Cette démarche est sans doute la source d'un biais de sélection mais, en revanche, offre davantage de garanties vis-à-vis de la précision des données recueillies et de la fiabilité des réponses, la motivation de ces sujets étant très importante. Dans le cadre de ce travail, la méthodologie retenue pour l'évaluation précise des apports en lipides a consisté à confronter un relevé sur quatre jours (dont un jour de fin de semaine) à un questionnaire de fréquence alimentaire. C'est elle qui est jugée la plus fiable pour une appréciation précise du niveau des apports en lipides [33,36,38,40].

#### 4.2. Les résultats de biologie

La question de l'éventuelle adéquation des apports lipidiques est, en général, abordée en confrontant le niveau des apports alimentaires en lipides aux recommandations théoriques concernant les sportifs, lesquelles sont en fait des extrapolations et ne résultent pas de la réalisation de bilans biologiques [5,9,17,20,32,36,39]. Aucun travail n'a pour l'instant proposé d'évaluer le statut lipidique réel d'une population sportive à l'aide d'éléments de biologie appropriés, tels que le « PAG » utilisé en santé publique, notamment par Serge Renaud [35]. Les résultats préliminaires de ces profils en acides gras, lorsque nous avons commencé à les réaliser chez les sportifs (dès 1996), nous ont surpris par la présence d'une fréquence anormale d'un déficit en plusieurs acides gras notamment dans la famille des AGPI oméga 6 et oméga 3 [8]. Dans son étude, Serge Renaud a pu corréliser cette observation biologique à une survenue significativement plus fréquente d'accidents cardiovasculaires dans les populations étudiées.

Il paraît assez sûr que le statut biologique des acides gras chez les sportifs à haut niveau d'entraînement est habituellement bas [8,9]. Les conclusions de ce travail vont dans le sens de nos observations initiales. Il reste à déterminer dans quelle mesure elles doivent s'interpréter dans le sens d'une évolution défavorable, comme pour la population étudiée par Serge Renaud, et non d'une adaptation liée à l'exercice. Mais rappelons que les taux d'acides gras membranaires varient peu en réponse aiguë. En outre, l'acide alphalipoléique est un acide gras essentiel. Par conséquent, son taux reflète l'équilibre entre les apports (via l'assiette) et les sorties (oxydation, peroxydation). Il n'existe pas de métabolisme compensatoire et rien ne permet de penser que cette observation soit une situation adaptative favorable. Des travaux complémen-

taires sont évidemment nécessaires pour préciser le caractère physiopathologique potentiel de ce constat. Quoi qu'il en soit, les répercussions de cet état, bien que difficiles à établir à court terme, nous semblent devoir être mieux prises en compte.

#### 4.3. L'évaluation des apports alimentaires en lipides

Les apports quantitatifs en lipides sont, en moyenne, proches de 30 % de l'apport énergétique total, avec une tendance (non significative) à un pourcentage plus important chez les femmes. Mais la taille réduite de l'échantillon ne permet pas de dire s'il s'agit d'une tendance ayant une signification particulière propre aux individus de ce sexe. En revanche, ce pourcentage moyen de l'apport lipidique est supérieur à ceux habituellement rencontrés dans les travaux menés auprès de populations pratiquant la course à pied ou le triathlon [11,20,30,36]. Ceci peut être dû au mode de recueil choisi, grâce à des recoupements et à une section spécifiquement consacrée aux modes de préparation des aliments usuels. Rapporté au poids corporel, cet apport lipidique moyen est de 1,5 g/kg par jour, ce qui correspond à une valeur bien supérieure aux chiffres que nous avons initialement proposés pour les « apports de sécurité » ainsi qu'à la plupart des chiffres trouvés dans la littérature lorsqu'on les exprime en g/kg par jour [20,30,36]. On retrouve la tendance précédente, à savoir un apport lipidique qui, rapporté au poids corporel, tend à être supérieur chez les féminines. Une étude englobant un échantillon plus large serait nécessaire afin de déterminer si cette tendance a simplement un caractère aléatoire lié aux caractéristiques de ce petit échantillon. Un récent travail mené auprès de rugbymen français de haut niveau révèle des chiffres un peu moindres, de l'ordre de 1,35 g/kg par jour [13]. En revanche, cette étude avait fait appel à une méthodologie classique d'évaluation de la ration lipidique, et concerne un effectif supérieur à celui constitué des volontaires de notre étude. Dans l'absolu, les portions lipidiques moyennes des deux groupes sont assez voisines.

La fiabilité des valeurs trouvées dans notre travail peut être discutée en tenant compte du niveau d'apport énergétique journalier moyen tiré de cette étude. On retrouve ici deux caractéristiques systématiquement décrites ; d'une part, un apport énergétique moyen significativement inférieur à la dépense énergétique théorique. Il est ici, en moyenne, de 2907 kcal/j chez les hommes et de 2333 kcal/jour chez les femmes, soit à peine plus que les recommandations concernant la population générale. D'autre part, un écart significatif entre le niveau moyen d'apport chez les hommes et celui des femmes, écart qui disparaît lorsqu'on ramène l'apport énergétique au poids corporel [36,38]. La disparité entre les besoins théoriques et les apports estimés n'est pas seulement la conséquence de l'incertitude liée au recueil des apports alimentaires [13,20,30,36]. Il est en effet assez fréquent de relever des différences de l'ordre de 500 à 600 Kcal/jour entre les besoins estimés et les apports mesurés, chez des sujets

entraînés à poids stable [1,20,31,36,38]. Il ressort toutefois de ce travail que cet échantillon de population sportive présente une ration lipidique supérieure à ce qu'on rencontre classiquement dans ces disciplines et que ce niveau d'apport est supérieur à celui que nous proposons initialement comme repère pour les « apports de sécurité » ( $> 1 \text{ g/kg}$  par jour).

Ces taux abaissés peuvent s'expliquer du fait que, chez les athlètes, les besoins en lipides sont accrus, non seulement pour satisfaire une demande énergétique plus importante, mais également pour renouveler des nutriments cellulaires de première importance, et réputés pour leur fragilité, notamment face à l'agression radicalaire [41,42]. Il s'agit notamment des phospholipides membranaires. En outre, même avec une ration lipidique plus conforme aux besoins quantitatifs des sportifs, il est possible de rencontrer de fréquents déficits en acides gras essentiels [9,13,15].

Par ailleurs, le niveau d'apport moyen en glucides est juste optimal, et cet état de fait semble, en particulier en cas d'apports franchement insuffisants ( $< 5 \text{ g/kg}$  par jour), plus souvent associé à des perturbations du PAG.

#### 4.4. La corrélation entre le statut biologique et le niveau d'apport lipidique (en g/kg par jour)

Nous avons tenté de corréler les perturbations du bilan biologique au niveau des apports en macronutriments, notamment à la ration lipidique. La question qui se posait était de savoir s'il existait un apport alimentaire « limite » en lipides, au-dessus duquel le bilan biologique est toujours normal, relativement aux populations tout venant. Cette perturbation correspondrait à une chute du taux d'un des acides gras des lignées « oméga 3 » ou « oméga 6 ». Ici, nous n'avons pas trouvé d'information aussi précise. Clairement, des anomalies du PAG se rencontrent alors avec différents niveaux d'apports lipidiques, et il est difficile de ressortir une valeur minimale au-dessus de laquelle on est à l'abri des carences.

Il est clair que le contenu de l'assiette nous renseigne mal sur l'éventualité d'une perturbation du statut en acides gras et d'un possible ralentissement des fonctions qui en dépendent. Ceci semble justifier la recherche d'éléments importants dans les habitudes alimentaires, tels que la quantité et le type d'huiles de table consommés, qu'on confronterait à des éléments de biologie pour tenter de caractériser les individus à statut lipidique perturbé.

L'analyse alimentaire montre a posteriori qu'on peut caractériser très simplement des sujets à « haut risque » de déficit en « oméga 3 ». Ainsi, l'éviction systématique de l'huile de colza a donné lieu, à chaque fois, à une anomalie biologique touchant la voie des « oméga 3 », et très souvent le statut en acide alphalinoléinique.

Par ailleurs, il ressort que le statut en acides gras des sportifs est très dépendant du niveau d'apport énergétique et du niveau d'apport glucidique. On peut considérer ainsi que lorsque les apports en glucides sont insuffisants pour assurer une

mise en réserve suffisante de ceux-ci sous forme de glycogène musculaire, les triglycérides musculaires et les acides gras libres sont oxydés, d'autant plus facilement que des adaptations enzymatiques se mettent en place au niveau de la cellule musculaire [14,21,23,34] consistant en une augmentation de l'activité de la lipoprotéine lipase et des enzymes de la lipolyse [28]. Ceci permet, à un niveau d'effort relatif donné, de moins utiliser le glycogène [14,21]. Toutefois, cette oxydation des acides gras ne s'exerce pas avec une affinité comparable quel que soit le type d'acide gras rencontré. Cette oxydation accrue va s'effectuer d'abord aux dépens des acides gras polyinsaturés. Ceci s'observe aussi bien dans le cas des acides gras circulants captés que dans celui des triglycérides musculaires. Il s'ensuit alors une oxydation accrue de ces éléments essentiels. Ceci pourrait expliquer que, en dépit d'apports en lipides parfois supérieurs, les sujets dont la ration glucidique est largement déficitaire (moins de  $5 \text{ g/kg}$  par jour) et qui ne présentent pas de surpoids, possèdent un statut lipidique perturbé. Ce constat corrobore les observations simultanées de Pendergast et al. [32]. Ceci nous incite à conseiller aux sportifs d'éviter les régimes draconiens, de veiller à un niveau d'apport glucidique d'au moins  $6 \text{ g/kg}$  par jour [8,12,42,43] et à ingérer au moins  $1,3 \text{ g}$  de lipides par kilogramme de poids et par jour, en veillant, si possible, à choisir ces graisses avec beaucoup de soin, c'est-à-dire en s'inspirant du modèle crétois, qui apparaît finalement comme le plus sûr garant, sur le plan nutritionnel, de la santé de l'athlète.

#### 4.5. Les conséquences d'une éventuelle majoration des apports

À la volonté d'augmenter la ration lipidique on objecte souvent le risque d'exposer, par cette mesure, le sportif à une prise de poids défavorable. Les bénéfices d'un apport lipidique optimal ne sont jamais envisagés, pas même dans des revues de synthèse très poussées [14]. Cela mérite d'être confronté aux travaux ayant abordé cette question. Il en ressort qu'on peut écarter tout risque d'une éventuelle prise de poids chez les sportifs élevant leurs apports en lipides au niveau des « apports de sécurité » [8], de l'ordre d'au moins  $1 \text{ g/kg}$  par jour [8,13,43]. En effet, des études où on a augmenté les apports en lipides (en normocalorique) n'ont pas montré de prise de masse grasse chez les sportifs [43].

On ne peut pas non plus leur opposer le risque accru de peroxydation. En effet, des travaux récents ont paradoxalement montré que ce phénomène était plus faible chez les sportifs qui consomment davantage de graisses, contrairement à ceux qui se restreignent [41].

## 5. Conclusion

Compte-tenu des observations faites auprès de sportifs dans ce travail comme dans d'autres [13,15], et du fait que, par ailleurs, un statut comparable, chez des individus sédentai-

res, est associé à un risque accru d'accident cardiovasculaire accru, il nous paraît judicieux, à titre préliminaire, de proposer de revoir à la hausse notre recommandation d'apport de « sécurité » en lipides et de le porter à 1,3 g/kg par jour. En outre, un apport glucidique optimal (> 6 g/kg par jour en période d'entraînement) est un préalable à la couverture des besoins lipidiques. De plus, il paraît nécessaire de communiquer auprès des sportifs sur l'intérêt du modèle crétois, et d'insister plus particulièrement sur l'intérêt certain de la consommation journalière d'huile de colza. Par ailleurs, compte tenu de la rareté avec laquelle ce modèle alimentaire est spontanément adopté en France, il nous semble qu'une des priorités dans la stratégie de la prévention de l'intention de dopage chez le sportif consiste à communiquer sur le modèle crétois et sur ses vertus nutritionnelles. La plupart des dysfonctionnements liés aux déficits micronutritionnels que rencontrent les modes alimentaires déséquilibrés peuvent basculer dans la pathologie et être corrigés par la prescription de produits interdits. Agir en amont, par la prévention nutritionnelle, par une action concertée s'appuyant sur un modèle alimentaire ayant fait ses preuves en termes de santé, nous paraît une position pour le moins cohérente.

## Remerciements

Cette étude a été rendue possible grâce au soutien financier de la Fondation d'entreprise Festina.

## Références

- [1] Astrand PO, Rodahl K. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. 3<sup>e</sup> édition. Paris: Masson; 1994.
- [2] Balogh M, Kahn HA, et al. Random repeat 24-hours dietary recall. *Am J Clin Nutr* 1971;24:304–10.
- [3] Bishop NC, Blannin AK, et al. Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sports Med* 1999;28(3):151–76.
- [4] Boggio V, Guillard JC, et al. Méthodologie d'étude de la consommation alimentaire chez les sportifs. *Sci Sports* 1998;3:283–90.
- [5] Brooks SM, Sanborn CF, et al. Diet in athletic amenorrhea. *Lancet* 1984;1:159–60.
- [6] Burckel A. Le régime crétois. Paris: Édition J'ai lu; 2000.
- [7] Calder PC. Effects of fatty acids and dietary lipids on cells of the immune system. *Proc Nutr Soc* 1996;55:127–50.
- [8] Chos D, Riche D. Diététique et micronutrition du sportif. Paris: Édition Vigot; 2000.
- [9] Chos D. Biologie et suivi nutritionnel du sportif de haut niveau. *Rev Franç Lab* 2003;350:31–40.
- [10] Cubeau J, Pequignot G. La technique du questionnaire alimentaire quantitative, utilisée par la section nutrition de l'INSERM. *Rev. Epidemiol. Santé Pub* 1980;28:367–73.
- [11] Deuster PA, Kyle SB, et al. Nutritional survey of highly trained women runners. *Am J Clin Nutr* 1986;44:954–62.
- [12] Fernandes G, Venkatraman J, et al. Modulation of gene expression in autoimmune disease and aging by food restriction and dietary lipids. *PSEMB* 1990;193:16–22.
- [13] Finaud J, Maso F, et al. Résultats d'une enquête alimentaire réalisée chez des joueurs de rugby français de haut niveau. *Cah Nutr Diét* 2003;234–41.
- [14] Frentsos JA, Baer JT. Increased energy and nutrient intake during training, and competition, improves elite triathletes endurance performance. *Int J Sports Nutr* 1997;7:61–71.
- [15] Giada F, Zuliani G, et al. Lipoprotein profile diet and body composition of athletes practising mixed anaerobic activities. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36:211–6.
- [16] Gollnick PD, Piehl K, et al. Diet, exercise and glycogen changes in human muscle fibers. *J Appl Physiol* 1972;33:421–5.
- [17] Haas R. Manger pour gagner. Paris: Éditions Laffont; 1985.
- [18] Helge JW, Wull B, et al. Impact of a fat-rich diet on endurance performance in man. *J Physiol* 1998;492:293–306.
- [19] Hillier K, Jewell R, et al. Incorporation of fatty acids from fish oil and olive oil into colonic mucosal lipids and effects upon eicosanoid synthesis in inflammatory bowel disease. *Gut* 1991;32:1151–5.
- [20] Holly RG, Barnard RJ, et al. Triathlete characterization and response to prolonged strenuous competition. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:123–7.
- [21] Hoppeler H, Billeter R, et al. Muscle structure with low- and high-fat diets in well-trained male runners. *Int J Sports Med* 1999;20:522–6.
- [22] Jeukendrup AE, Saris WHM, et al. Fat metabolism during exercise : a review. Part I : Fatty acid mobilization and muscle metabolism. *Int J Sports Med* 1998;19:231–44.
- [23] Jeukendrup AE, Saris WHM, et al. Fat metabolism during exercise : a review. Part II : Regulation of metabolism and the effect of training. *Int J Sports Med* 1998;19:293–302.
- [24] Jeukendrup AE, Saris WHM, et al. Fat metabolism during exercise : a review. Part III: Effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med* 1998;19:371–9.
- [25] Klepping J, Boggio V, et al. Évaluation de l'adaptation nutritionnelle spontanée de sportifs à l'effort. Comparaison d'une population de sportifs et d'une population contrôlée de non-sportifs. *Sci Sports* 1988; 3:1–16.
- [26] Lambert EV, Speechly DP, et al. Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following two weeks of adaptation to a high fat diet. *Eur J Appl Physiol* 1994;69:287–93.
- [27] Larson-Meyer DE, Newcomer BR, et al. Influence of endurance running and recovery diet on intramyocellular lipid content in women : a <sup>1</sup>H NMR study. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;282: E95–E106.
- [28] Lithell H, Örlander J, et al. Changes in lipoproteine-lipase activity and lipid stores in human skeletal muscle with prolonged heavy exercise. *Acta Physiol Scand* 1979;107:257–61.
- [29] Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population française ; 3<sup>ème</sup> édition. Paris: Tec & Doc; 2001 (coordinateur général).
- [30] Muoio DM, Leddy JJ, et al. Effect of dietary fat on metabolic adjustments to maximal VO<sub>2</sub> and endurance in runners. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:81–8.
- [31] Noakes TD. Lore of running, 3rd Ed. Capetown: Univ. Press; 2002.
- [32] Pendergast DR, Leddy JJ, et al. A perspective on fat intake in athletes. *J Am Coll Nutr* 2000;19:345–50.
- [33] Pequignot P, Cubeau J. Enquêtes méthodologiques comparant chez les mêmes sujets la consommation alimentaire appréciée par interrogatoire à la consommation mesurée par pesée. *Rev. Epidemiol. Santé Pub* 1973;21:585–608.
- [34] Poortmans J, Boisseau N. Biochimie des activités physiques. Louvain: De Boeck Université; 2002.

- [35] Renaud S, De Lorgeril M et al. Cretan mediterranean diet for prevention of coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 1994; 95; (Suppl 61): 1360S–1367S.
- [36] Riche D. Étude prospective sur l'alimentation d'un groupe de triathlètes. *Sci Sports* 1989;4:209–18.
- [37] Srivastava KC, Mustafa T. Pharmacological effects of spices : eicosanoid modulation activities and their significance in human health. *Biomed Rev* 1993;2:15–29.
- [38] Tremblay A, Sevigny J. et al. The reproducibility of a three-day dietary record. *Nutr Res* 1983;3:819–30.
- [39] Vallieres S, Tremblay A, et al. Study of the energy balance and the nutritional status of highly trained female swimmers. *Nutr Res* 1989; 9:699–708.
- [40] Van Schaik FSM, Den Hartog C. L'enquête alimentaire. Ses diverses méthodes et techniques. Leur valeur et application. *Alim & La vie* 1970;58(10–2):188–201.
- [41] Venakatraman JT, Chu W. Effects of dietary w3 and w6 lipids and vitamin E on proliferative response, lymphoid cell subsets, production of cytokines by spleen cells and splenic protein levels for cytokines and oncogenes in MRL/MpJ-1pr mice. *J Nutr Biochem* 1999;10:582–97.
- [42] Venakatraman JT, Feng X, et al. Effects of dietary fat and endurance exercise on plasma cortisol, prostaglandin E2, interferon-gamma and lipid peroxides in runners. *J Am Coll Nutr* 2001;20:529–36.
- [43] Venakatraman JT, Pendergast DR. Effect of dietary intake on immune function in athletes. *Sports Med* 2002;32:323–37.
- [44] Willett WC. Is dietary fat a major determinant of body fat? *Am J Clin Nutr* 1998;67(Suppl.):556S–562S.