



HAL
open science

Le coureur à pied à l'officine : conseils nutritionnels et prise en charge des principales pathologies

Dominique San Miguel

► **To cite this version:**

Dominique San Miguel. Le coureur à pied à l'officine : conseils nutritionnels et prise en charge des principales pathologies. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03662574

HAL Id: dumas-03662574

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03662574>

Submitted on 9 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année 2022

Thèse n°44

THESE POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Par SAN MIGUEL, Dominique

Né le 29/03/1995 à Bayonne

Le 12 avril 2022

Le coureur à pied à l'officine : conseils nutritionnels et prise en charge des principales pathologies

Sous la direction de : Jean Paul LASSERRE

Membres du jury :

M. DECENDIT Alain

M. LASSERRE Jean Paul

M. CERESUELA Quentin

M. RENIER Jon

Maître de Conférences Universitaires

Maître de Conférences Universitaires

Docteur en Pharmacie

Docteur en Pharmacie

Président du jury

Directeur de thèse

Membre du jury

Membre du jury

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier sincèrement **Monsieur Alain DECENDIT** d'avoir accepté la présidence de ma thèse de pharmacie, c'est un grand honneur de vous avoir dans mon jury.

Je remercie également Monsieur **Jean Paul LASSERRE** pour sa patience, sa gentillesse et son intérêt pour la course à pied, ce qui m'a grandement aidé dans la réalisation de cette thèse.

Je remercie Monsieur **Quentin CERESUELA** et Monsieur **Jon RENIER** d'avoir intégré mon jury de thèse. C'est une chance de vous avoir eu au départ et à la conclusion de mes études.

Je remercie **l'UFR Sciences Pharmaceutiques** de l'Université de Bordeaux et l'ensemble du corps enseignant pour la qualité de l'enseignement durant mon parcours universitaire.

Je remercie infiniment **mes parents** de m'avoir toujours soutenu dans mes études, surtout dans les moments de doutes. Merci du fond du cœur, pour votre présence sans faille, vous avez fait de moi l'Homme que je suis aujourd'hui. Merci également à **ma sœur, mes oncles, mes tantes** et **ma cousine** pour votre patience, votre gentillesse et votre soutien.

Je remercie mes **amis du lycée** et de **Chachou** d'avoir toujours cru en mon projet de devenir pharmacien. Je remercie mes amis **carreleurs (Augustin, Thev, Alexandre, Poirot, Tanière, Camille, Hugo, Jean Baptiste, Antoine, Julien, Louis, Pierre Jean, Margot et Margaux)** d'avoir rendu ces six années merveilleuses, pour ces innombrables fous rires et pour tous ces moments extraordinaires. Il en reste encore plein d'autres à vivre ensemble. Merci au **XV PharmaK** pour ces belles rencontres, les nombreuses victoires (par forfait) et pour mon croisé antérieur.

Enfin, merci à **Pauline** pour m'avoir accompagnée du début à la fin, d'avoir partagé ma vie, je n'y serais jamais parvenu sans toi.

Table des matières

Introduction	1
I. Définitions et généralités.....	2
1. Activité physique	2
2. Activité sportive.....	3
3. La course à pied	3
1) Définition	3
2) Différents types de course.....	4
3) Épidémiologie	5
4. Compléments alimentaires	6
1) Définition	6
2) La réglementation des compléments alimentaires en France.....	7
3) La place des compléments alimentaires en France	8
4) Les compléments alimentaires chez les sportifs.....	9
II. Physiologie	10
1. Les muscles	10
1) La composition du muscle squelettique	11
a) Les fibres musculaires	11
i. Le sarcolemme	11
ii. Le sarcoplasme.....	12
b) Les myofibrilles	12
i. Les sarcomères.....	12
ii. Les filaments épais	14
iii. Les filaments fins.....	14
2) La contraction musculaire.....	15
a) De la genèse d'un potentiel d'action au couplage excitation-contraction	15
b) La théorie des filaments glissants	16
2. Métabolisme énergétique	18
1) L'ATP	19
2) Le système ATP-PCr (Fig. 9)	20
3) Le système glycolytique (Fig. 10)	21
4) Système oxydatif.....	23
a) L'oxydation des glucides	23
b) L'oxydation des lipides.....	25
c) L'oxydation des protéines	26
5) Interactions des systèmes métaboliques.....	26
3. Apports nutritionnels.....	27
1) Les macronutriments.....	27
a) Les glucides	27
b) Les lipides	32
c) Les protéines	35
2) Les micronutriments.....	39
a) Les vitamines.....	39
i. Les vitamines hydrosolubles	39
♦ Vitamine B1	39
♦ Vitamine B2	40

♦	Vitamine B3	41
♦	Vitamine B5	41
♦	Vitamine B6	42
♦	Vitamine B8	43
♦	Vitamine B9	43
♦	Vitamine B12	44
♦	Vitamine C	45
ii.	Les vitamines liposolubles	46
♦	Vitamine A	46
♦	Vitamine D	47
♦	Vitamine E	48
♦	Vitamine K	48
b)	Les minéraux et oligoéléments	49
i.	Le calcium	50
ii.	Le magnésium	51
iii.	Le potassium	51
iv.	Le sodium	52
v.	Le cuivre	53
vi.	Le fer	53
vii.	Le sélénium	55
viii.	Le zinc	55
3)	L'hydratation.....	56
a)	Les rôles de l'eau dans l'organisme	56
b)	La déshydratation	58
i.	Le processus	58
ii.	Les risques.....	58
III.	Prise en charge du coureur à l'officine.....	59
1.	Les conseils nutritionnels apportés au pratiquant de course à pied à l'officine	59
1)	Préparation à l'effort	60
a)	Optimisation des réserves énergétiques	60
b)	Compléments alimentaires.....	63
i.	Les complexes multivitaminiques et antioxydants.....	63
ii.	Les acides aminés branchés ou BCAA	64
iii.	Les compléments ergogènes.....	65
♦	La L-Carnitine.....	65
♦	La créatine	65
♦	La glutamine	66
2)	Pendant l'effort.....	66
a)	Les nutriments indispensables.....	66
i.	Les fournisseurs d'énergie.....	66
ii.	Les vitamines et minéraux.....	67
iii.	Les protéines	68
b)	L'hydratation.....	68
i.	L'eau	68
ii.	Les boissons de l'effort.....	69
c)	Les aliments solides	71
i.	Les gels énergétiques	71
ii.	Les barres énergétiques	72
3)	Récupération	72
2.	Les principales pathologies de la course à pied.....	74

1) Les affections traumatiques	74
a) Le genou.....	76
i. Syndrome fémoro-patellaire.....	76
ii. Syndrome de la bandelette ilio-tibiale.....	77
iii. Tendinopathie rotulienne	79
iv. Les lésions méniscales.....	81
b) Le pied.....	82
i. Fasciite plantaire	82
ii. La tendinopathie achilléenne.....	85
c) Jambe.....	87
i. Syndrome de stress tibial	87
ii. Entorse de la cheville	89
iii. Fractures de stress	93
d) Cuisse	95
i. Tendinopathie du quadriceps	95
ii. Tendinopathie des ischio-jambiers	96
2) Les affections musculaires.....	96
a) Les courbatures.....	97
b) La contracture.....	98
c) L'élongation	99
d) Le claquage	99
e) La rupture.....	100
f) La crampe musculaire	101
IV. La prévention au comptoir de l'officine	102
1. La visite de non contre-indication à la pratique sportive	102
1) Le cadre juridique	102
2) Contenu de la visite	103
a) L'interrogatoire	103
b) L'examen clinique	103
3) Les contre-indications.....	104
a) Les contre-indications temporaires	105
b) Les contre-indications permanentes.....	105
2. La course à pied et les pathologies chroniques	106
1) Diabète	106
a) Diabète de type 1 (DT1).....	106
b) Diabète de type 2 (DT2).....	107
2) Pathologies cardiovasculaires.....	108
3) Asthme.....	109
4) BPCO	110
5) Cancer	110
6) Dépression	111
7) Vieillesse.....	111
Bibliographie :.....	114
Liste des Illustrations :.....	120

Introduction

La pratique d'une activité physique régulière a largement prouvé ses bénéfices pour la santé. Ainsi près d'un Français sur deux affirme pratiquer une activité dans le but d'améliorer sa santé.

Du fait de son accessibilité et du peu d'équipements nécessaire, la course à pied est l'un des sports les plus pratiqués peu importe l'âge, que ce soit en loisir ou en compétition.

Chaque année, de plus en plus de français se mettent à courir, et le nombre de sportifs franchissant les portes de l'officine à la recherche de conseils ne cesse d'augmenter. Comme toute discipline sportive, elle n'est pas sans danger et tous les pratiquants ne sont pas forcément suffisamment renseignés sur les risques potentiels. Le pharmacien d'officine est le professionnel de santé le plus disponible et à l'écoute, il est accessible gratuitement et sans rendez-vous. Il a un rôle déterminant dans l'accompagnement du sportif, tant au niveau du conseil que dans la prise en charge des pathologies liées à sa pratique. Il va ainsi pouvoir répondre aux attentes du pratiquant de course à pied en l'accompagnant dans sa recherche de bien-être, de bonne santé, de performances et en cas de blessures.

Cette thèse a pour objectif de traiter de la prise en charge du coureur à l'officine, tant au niveau des conseils nutritionnels que dans les principales pathologies. Ainsi nous allons tout d'abord commencer par donner quelques définitions ainsi que quelques chiffres liés à la pratique de la course à pied en France. La seconde partie va traiter de la physiologie avec quelques rappels de physiologie musculaire, les filières énergétiques utilisées ainsi que les différents nutriments indispensables pour le coureur à pied. Par la suite nous allons développer les conseils nutritionnels à donner au sportif, tant au niveau de la préparation que pendant l'effort ou lors de la récupération, et également traiter la prise en charge des principales pathologies liées à la course à pied. Pour finir, la dernière partie va traiter de la visite médicale de non contre-indication et de comment moduler course à pied et pathologies chroniques.

I. Définitions et généralités

1. Activité physique

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'activité physique est définie comme « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie. L'activité physique désigne tous les mouvements que l'on effectue notamment dans le cadre des loisirs, sur le lieu de travail ou pour se déplacer d'un endroit à l'autre. Une activité physique d'intensité modérée ou soutenue a des effets bénéfiques sur la santé. » [1].

L'activité physique est, de loin, préférable à l'absence d'exercice. Il est démontré qu'une activité physique régulière est très bénéfique pour la santé. Elle permet de [1]:

- Améliorer la capacité cardiorespiratoire ;
- Améliorer les capacités musculaires ;
- Réduire le risque de maladies cardiovasculaires telles que l'hypertension, la cardiopathie coronarienne, l'accident vasculaire cérébral, mais aussi le diabète et divers cancers (sein et colon) ;
- Améliorer le bien-être mental et ainsi réduire le risque de dépression ;
- Maintenir un poids corporel sain.

De nos jours, à cause de notre mode de vie, la population devient de plus en plus sédentaire. Cette sédentarité est due notamment à l'utilisation accrue des écrans tant au travail qu'en loisir et des transports motorisés. Ce comportement fait augmenter la mortalité toutes causes confondues et augmenter l'incidence de pathologies cardiovasculaires, de cancer et de diabète de type 2. La sédentarité est l'un des principaux facteurs de risque de mortalité. En effet, le risque de décès est majoré de 20 à 30% chez les sédentaires [1].

2. Activité sportive

L'activité sportive, ou encore la pratique sportive, est définie comme « sous-ensemble de l'activité physique, se singularisant surtout par une intensité de l'effort plus élevée (soit une dépense énergétique plus importante durant cette période) » [2].

En France, la promotion de l'activité physique et sportive est importante. En effet, la Stratégie Nationale Sport Santé 2019-2024 vise à améliorer l'état de santé de la population en favorisant l'activité physique et sportive de chacun. L'objectif est de lutter contre l'accroissement de la sédentarité, de renforcer la prévention de maladies chroniques, et de renforcer les bienfaits individuels sur la santé physique et mentale. De plus, dans la perspective des Jeux Olympiques et Paralympiques 2024 à Paris, le gouvernement et le ministère des sports ont fixé pour objectif un gain de 3 millions de pratiquants supplémentaire d'ici 2024 [2]. Afin de réaliser l'augmentation que cela peut représenter, voici quelques chiffres [3] :

- En 2018, 66% des français âgés de 15 ans et plus ont pratiqué du sport au moins une fois dans l'année. Parmi ceux-là, deux tiers pratiquent leur sport au moins deux fois par semaine ;
- En 2018, 63% des femmes ont pratiqué au moins une activité physique régulière au cours de l'année, 69% pour les hommes ;
- 46% des pratiquants le font dans le but d'améliorer leur santé ;
- En 2018, 16,4 millions de licences sportives ont été délivrées ;
- 3 millions de licences sportives supplémentaires ont été délivrées depuis 2000, soit une augmentation de 19% ;
- 82% des 15-29 ans pratiquent régulièrement une activité physique ;
- 57% des 50 ans ou plus ont pratiqué une activité physique sportive en 2018.

3. La course à pied

1) Définition

La course est définie comme « l'action de courir ; mode de locomotion durant lequel les phases d'appui unilatéral sont séparées par un intervalle » selon Le Grand Robert

[4]. En effet, lors de la course à pied, une phase de suspension est observée durant laquelle aucun appui n'est signalé, les deux pieds ne touchant pas le sol. Cela diffère de la marche où il y a un appui au sol permanent.

2) Différents types de course

La course à pied se distingue en plusieurs disciplines :

- Le jogging : Course lente et régulière ;
- Le sprint : Discipline de vitesse se réalisant sur piste allant d'une distance de 60 mètres à 400 mètres ;
- La course sur route :
 - o Le 5 km ;
 - o Le 10 km ;
 - o Le semi-marathon : 21,0975 km ;
 - o Le marathon : 42,195 km.
- Le trail : Se déroule en nature sur des chemins de montagne ou bien forestier sur une distance de 5 à 42 km environ.
- L'ultra-trail : La distance dépasse généralement les 100 km et les trails peuvent durer plusieurs jours (exemple de la diagonale des fous sur l'île de La Réunion qui s'étend sur 160 km).

Il est à noter que la course à pied se pratique également lors de plusieurs disciplines sportives regroupant plusieurs pratiques. La principale est le triathlon qui combine la natation, le vélo et la course à pied sur des distances qui peuvent aller de 400 mètres de natation, 10 km de vélo et 2,5 km de course à pied pour le plus petit format à 10 km / 421 km / 84 km respectivement pour l'Ultraman.

3) Épidémiologie

Du fait de sa facilité d'accès, la course à pied est de plus en plus pratiquée. En effet, cette activité sportive a l'avantage de pouvoir être pratiquée qu'avec très peu d'équipement, de structure, d'environnement, d'horaire ou de budget. Elle peut ainsi se pratiquer dans tous les milieux (ville, campagne, mer, montagne), à n'importe quel moment de la journée, seul ou accompagné, en loisirs comme en compétitions.

Le seul équipement nécessaire à cette pratique est une paire de chaussure de course à pied, adaptée à sa morphologie, au type de pratique choisie et à sa fréquence.

Voici quelques chiffres qui montrent que la pratique de la course à pied est en pleine expansion [3,5,6] :

- Début 2000 : 6 millions de pratiquants ;
- En 2014 : 8,5 millions de pratiquants ;
- En 2019 : 11,6 millions de pratiquants ;
- En 2020 : 13 millions de pratiquants, soit une augmentation de 12 % par rapport à l'année précédente ;
- La course et la marche ont été pratiquées en tant qu'activité physique par 40% des individus de 15 et plus en 2018 (Fig. 1).

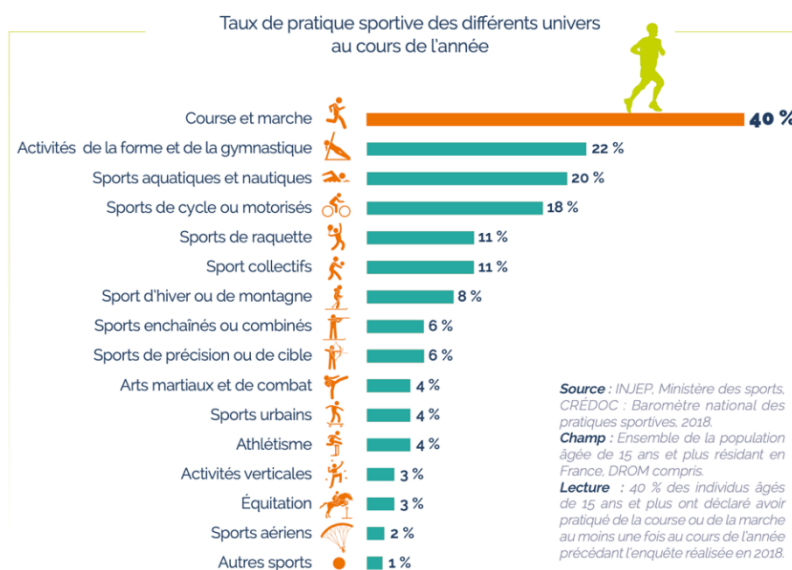


Figure 1 : Taux de pratique sportive des différents univers en 2018 [3].

En France, la population actuelle de personnes pratiquant la course à pied est donc de 13 millions.

Les principales motivations des français pour la course à pied sont l'amélioration de la condition physique ainsi que d'être en bonne santé (58%), et la perte de poids (35%) [5].

Selon Strava (plateforme utilisée pour enregistrer des activités sportives via GPS), entre 2016 et 2017, les français ont réalisé un parcours moyen de 10,2 km, soit 2 km de plus que la moyenne mondiale (8,2 km).

Entre 2019 et 2020, la distance moyenne annuelle des français a diminué à 8,9 km [6]. Cette diminution peut être liée au contexte sanitaire lié à la COVID-19 et aux limitations de déplacement ; ainsi que par l'augmentation du nombre de débutants qui pratique la course à pied sur de plus petites distances.

4. Compléments alimentaires

1) Définition

Les compléments alimentaires sont définis comme « les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés... » (Directive 2002/46/CE du Parlement européen, transposée par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006) [7].

Ces produits sont à consommés *per os*, et sont conditionnés par doses (comprimés, gélules, pastilles, sachets de poudre ou préparations liquides telles que les ampoules ou flacons compte-gouttes).

Ils ont pour but d'améliorer les apports nutritionnels en cas de déficits ou carences, malgré une alimentation saine et équilibrée. Cependant, contrairement aux médicaments, ils ne peuvent revendiquer aucun effet thérapeutique, et les allégations nutritionnelles sont strictement encadrés.

Les compléments alimentaires peuvent être de plusieurs natures. Ils peuvent être conçus à partir de [8] :

- Nutriments : Vitamines et minéraux ;
- Substances à but nutritionnel ou physiologique chimiquement autres que les nutriments ;
- Plantes et préparations de plantes (algues, microalgues, champignons ...) ;
- Produits de la ruche ;
- Additifs, arômes et auxiliaires technologiques dont l'utilisation est approuvée en alimentation.

2) **La réglementation des compléments alimentaires en France**

La Directive 2002/46/CE du parlement européen et du conseil du 10 juin 2002 sert de cadre réglementaire aux compléments alimentaires. C'est cette directive qui donne également une définition précise des compléments alimentaires. Elle leur attribue un véritable statut. De plus, elle permet de faire la distinction entre les substances à effet nutritionnel ou physiologique qui vont être employées pour réaliser les compléments alimentaires.

Le décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 (modifié par le Décret du 25 mars 2011) a permis l'adaptation de la Directive 2002/46/CE en droit français. Il impose, préalablement à la mise sur le marché, les compléments alimentaires à une déclaration obligatoire à la Direction Générale de la Concurrences, Consommation et Répression des Fraudes (DGCCRF).

L'étiquetage est également réglementé. En effet, aucune ambiguïté ne doit transparaître, car il s'agit d'un complément alimentaire et non d'un médicament. Les allégations nutritionnelles ne doivent pas laisser sous-entendre que l'utilisation de ces produits va permettre de prévenir, traiter ou guérir une pathologie humaine.

La liste des mentions obligatoires (dénomination, listes des ingrédients, allergènes majeurs, quantité nette de denrée alimentaire... *liste non exhaustive*) va ainsi permettre de guider le consommateur et lui garantir la sécurité [8].

La perception d'effets secondaires suite à la prise de compléments alimentaires fait l'objet de déclaration à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) par les professionnels de santé. Il s'agit de la nutrivigilance.

3) La place des compléments alimentaires en France

Les Français consomment de plus en plus de compléments alimentaires. Entre 2014 et 2015, selon les résultats de l'étude INCA 3 (Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3), 22% des adultes et 14% des enfants consommaient des compléments alimentaires [7]. Selon les derniers chiffres dévoilés par le Syndicat National des Compléments Alimentaires (SYNADIET), 58% des Français ont consommé des compléments alimentaires entre 2019 et 2021 [9].

La pharmacie reste le lieu de distribution majoritaire des compléments alimentaires avec une part de marché de 50% (55% en comptant les parapharmacies) [10]. Leur vente est également possible en magasins bio, en grandes surfaces, sur internet, ou encore en parapharmacies. Il est à noter que la vente de compléments alimentaires sur internet a connu une forte hausse de 11% depuis la crise COVID-19 [9]. Du fait que la pharmacie reste le lieu privilégié des français pour la vente de compléments alimentaires, le pharmacien a par conséquent un rôle essentiel pour conseiller les consommateurs.

Selon le Syndicat National des Compléments Alimentaires, le marché des compléments alimentaires représentait 2099 milliards d'euros en 2019 et 2138 milliards d'euros en 2020. Cela représente une croissance de 1,90% [10]. En pharmacie, le chiffre d'affaires est évalué à hauteur de 1062 milliards d'euros en 2020 (Fig. 2). Il est à noter que la plus grosse croissance concerne le secteur de la vitalité (18,6%) et représente 17,2% des parts du marché des compléments alimentaires en pharmacie.

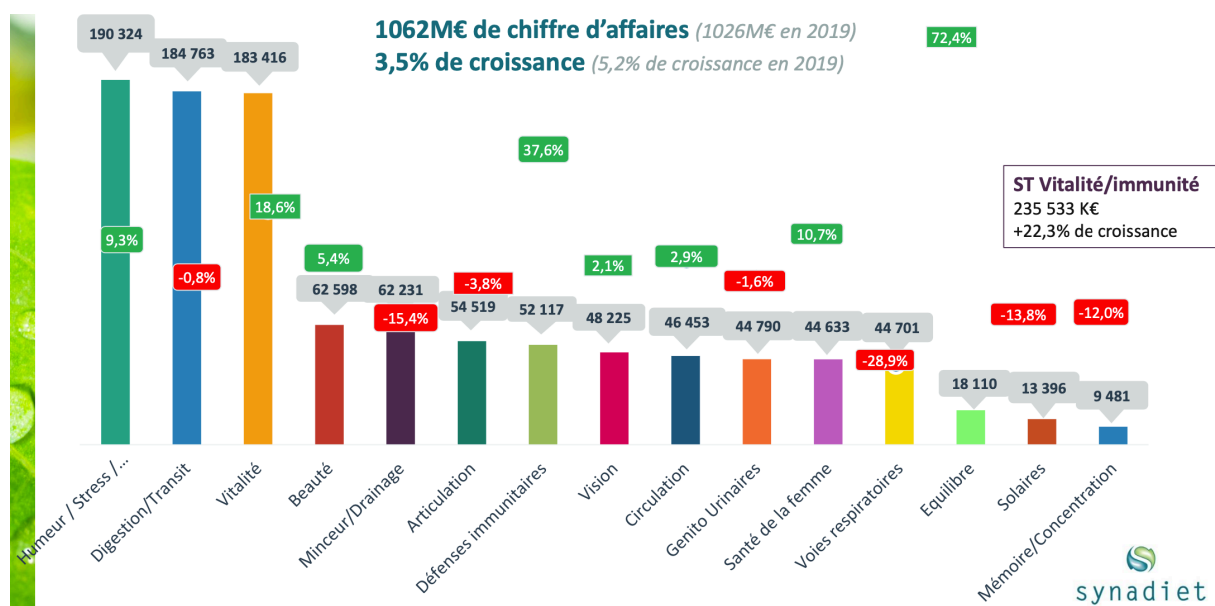


Figure 2 : Répartition des ventes en pharmacie des compléments alimentaires en 2020 [10].

4) Les compléments alimentaires chez les sportifs

Pour la majorité de la population générale, une alimentation saine et équilibrée est suffisante pour apporter à l'organisme tous les nutriments dont il a besoin. Chez les sportifs, la nutrition est considérée comme un élément majeur en vue de performance. Cependant, en raison de leurs modes de vie plus exigeant, les besoins quotidiens en macronutriments (protéines, lipides, glucides), vitamines et minéraux étant plus

importants que dans la population générale, les sportifs peuvent avoir recourt aux compléments alimentaires. Ces derniers ont pour rôle de combler des déficits nutritionnels éventuels, ainsi que d'améliorer leurs performances (avant, pendant et après l'effort).

Selon une étude réalisée en 2017 [11], 42,1% des sportifs consomment des compléments alimentaires. Comme on peut le voir, la consommation de compléments alimentaires est donc relativement répandue chez les sportifs en vue de combler une carence ou améliorer leurs performances sportives.

II. Physiologie

1. Les muscles

Le corps humain est constitué de plusieurs centaines de muscles réparti en trois catégories : les muscles squelettiques, les muscles lisses et le muscle cardiaque.

Les muscles lisses sont des muscles dont la contraction est involontaire et inconsciente. On les retrouve notamment dans la paroi des vaisseaux dont leurs contractions ou dilatations régulent le flux sanguin, ou encore dans la paroi internes de certains organes.

Les muscles squelettiques sont à contraction volontaire et consciente. Ils s'insèrent sur les os et permettent leurs mises en mouvement : on parle du système musculo-squelettiques.

1) La composition du muscle squelettique

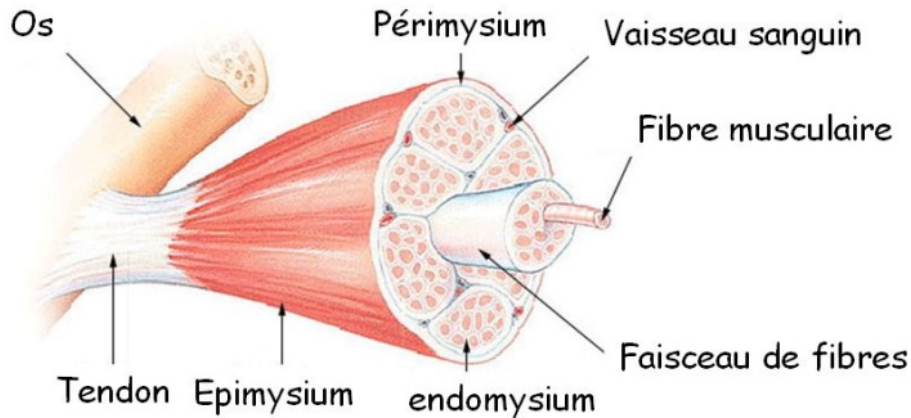


Figure 3 : Schéma d'un muscle squelettique.

D'un point de vue structural (Fig. 3), le muscle est recouvert par du tissu conjonctif nommé l'épimysium qui l'enveloppe totalement. A l'intérieur de cet épimysium, on retrouve plusieurs groupes de faisceaux composés de fibres musculaires. Chaque groupe de faisceaux est délimité par du tissu conjonctif nommé le péri-mysium. Quant à elles, les fibres musculaires sont gainées par un tissu conjonctif fin, l'endomysium.

a) Les fibres musculaires

Les fibres musculaires mesurent 10 à 80 micromètres de diamètre et peuvent atteindre une dizaine de centimètres de long [12]. Elles sont composées de plusieurs structures que nous allons voir en détails.

i. Le sarcolemme

Le sarcolemme est composé d'une membrane plasmique qui entoure la fibre musculaire et de la lame basale. D'une part et d'autre de la fibre musculaire, le sarcolemme fusionne avec le tendon pour s'insérer sur l'os et ainsi transmettre les forces générées pour produire le mouvement [12].

ii. Le sarcoplasme

Au sein de la fibre musculaire, on retrouve une substance fluide qui remplit l'espace : le sarcoplasme [12]. C'est le cytoplasme des fibres musculaires. Il est composé de protéines, de minéraux (magnésium, phosphates, potassium) et de multiples enzymes protéiques. Il diffère du cytoplasme des autres cellules par une grande quantité de glycogène ainsi que par la présence de myoglobine, un composé permettant de stocker l'oxygène au sein du muscle.

Dans le sarcoplasme on retrouve également des myofibrilles, éléments contractiles du muscle squelettique.

Le sarcolemme présente des invaginations qui pénètrent transversalement la fibre musculaire, ce sont des tubules transverses. Le sarcoplasme s'étend également dans ces tubules.

On note aussi la présence d'un réticulum endoplasmique nommé le réticulum sarcoplasmique. Il est le lieu de stockage du calcium nécessaire à la contraction.

b) Les myofibrilles

Les myofibrilles sont présentes par milliers dans les fibres musculaires et assurent la contraction du muscle squelettique. Elles sont constituées de petites sous unités : les sarcomères.

i. Les sarcomères

Il s'agit de l'unité fonctionnelle de la myofibrille.

Lors d'une observation au microscope optique, les fibres musculaires ont un aspect strié transversalement. Le microscope électronique permet d'observer ces striations plus en détails (Fig. 4). On observe une alternance de bandes sombres et de bandes claires, nommées respectivement bandes A (pour anisotrope) et bandes I (pour

isotrope). Les bandes I sont interrompues par une strie noire nommée strie Z. Un sarcomère est donc la zone comprise entre deux stries Z.

On retrouve dans l'ordre [12] :

- Une bande claire (bande I) ;
- Une demi-bande sombre (bande A) ;
- Une région plus claire au centre de la bande A (bande H) ;
- L'autre partie de la sombre (bande A) ;
- Une seconde bande claire (bande I).

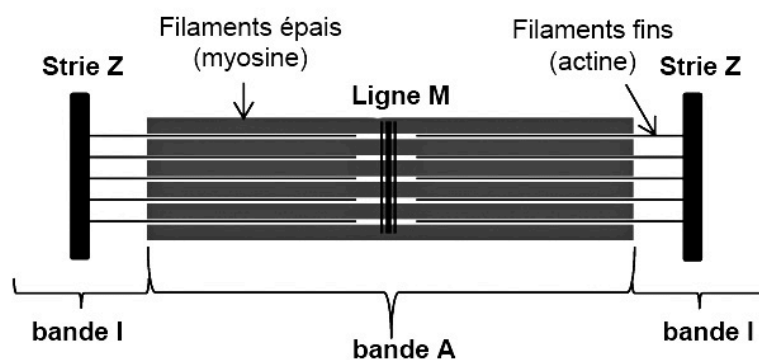
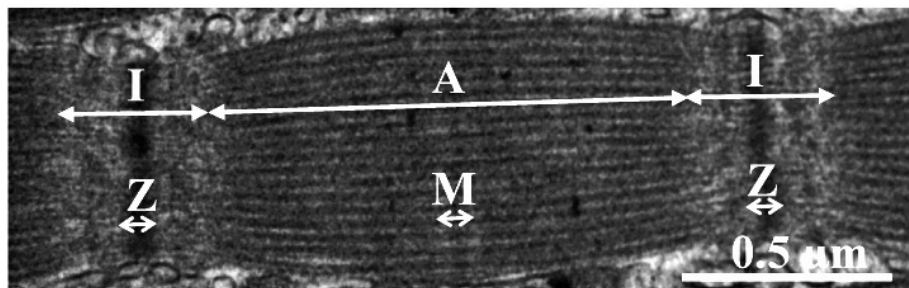


Figure 4 : Structure d'un sarcomère.

On distingue deux types de filaments : les filaments fins et les filaments épais. Les filaments fins sont composés d'actine alors que les filaments épais sont composés de myosine. L'alignement de ces filaments est responsable de la striation transversale du muscle squelettique.

Comme nous pouvons le voir sur la figure 4, la bande I n'est composée que de filaments fins (actine). La bande A est composée de filaments d'actine et de filaments

de myosine, ce qui explique son aspect sombre. Au centre de la bande A, la bande H semble plus claire car elle n'est composée que de filaments épais.

ii. Les filaments épais

Un filament épais est composé d'environ deux cents molécules de myosine [12]. Une molécule de myosine est constituée de deux chaînes lourdes d'acides aminés entrelacées et de deux chaînes légères. Ces chaînes se terminent par une tête globuleuse nommée tête de myosine. Chaque filament épais contient donc plusieurs têtes de myosine qui serviront de site d'interaction avec les filaments d'actine pour la contraction musculaire (Fig. 5).

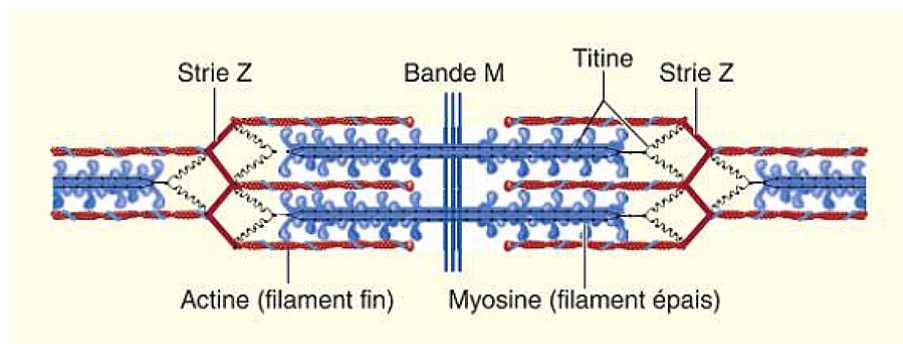


Figure 5 : Sarcomère représentant les filaments d'actine et de myosine [12].

iii. Les filaments fins

Les filaments fins s'insèrent sur une strie Z et s'étendent vers le centre du sarcomère entre les filaments épais de myosine (Fig. 5). Un filament d'actine provient de la polymérisation de plusieurs sous-unités globulaire d'actine qui vont former deux chaînes pour s'entrelacer. La tropomyosine et la troponine sont des protéines qui rentrent également dans la composition des filaments fins et vont avoir un rôle dans la contraction musculaire.

2) La contraction musculaire

La contraction musculaire est responsable du mouvement. Elle est liée à l'innervation des fibres musculaires par les motoneurones alpha. La synapse entre la fibre musculaire et le motoneurone est appelée jonction neuromusculaire.

a) De la genèse d'un potentiel d'action au couplage excitation-contraction

Une impulsion nerveuse sous forme de potentiel d'action arrive au niveau de la terminaison du nerf formant l'arborisation axone. La membrane nerveuse se dépolarise et induit l'ouverture de canaux calciques voltage-dépendants.

Cette augmentation de calcium entraîne une fusion des vésicules d'acétylcholine avec la membrane du motoneurone et donc une libération d'acétylcholine dans la jonction neuromusculaire. L'acétylcholine se diffuse et vient se lier sur ses récepteurs spécifiques au niveau du sarcolemme en post-synaptique. La liaison de deux molécules d'acétylcholine sur le récepteur va induire l'ouverture de canaux ioniques permettant un influx d'ions sodium dans la fibre musculaire. Cela induit une dépolarisation du sarcolemme et génère un potentiel d'action.

Le potentiel d'action se propage à l'intérieur de la cellule musculaire par le réseau des tubules transverses et le réticulum sarcoplasmique. La dépolarisation des tubules transverses entraîne une ouverture des canaux calciques dans le réticulum sarcoplasmique et provoque une libération d'ions calciums.

Au repos, la fixation des têtes de myosine sur les filaments d'actine est inhibée par les molécules de tropomyosine qui masquent les sites actifs des filaments d'actine. Lors de la libération d'ions calcium, la troponine C se lie à ces derniers. La troponine C va donc faire basculer les molécules des tropomyosines, libérant ainsi les sites actifs du filament d'actine. Les têtes de myosine se lient alors au filament d'actine pour former des ponts actine-myosine. Une tête de myosine possède deux sites de fixations : un

pour l'actine et un pour la molécule d'ATP. L'ATP est la molécule qui va fournir l'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

La tête de myosine possède une enzyme, l'ATPase, qui va hydrolyser l'ATP et libérer de l'énergie qui sera utiliser pour lier la tête de myosine au filament d'actine et ainsi assurer la contraction musculaire.

b) La théorie des filaments glissants

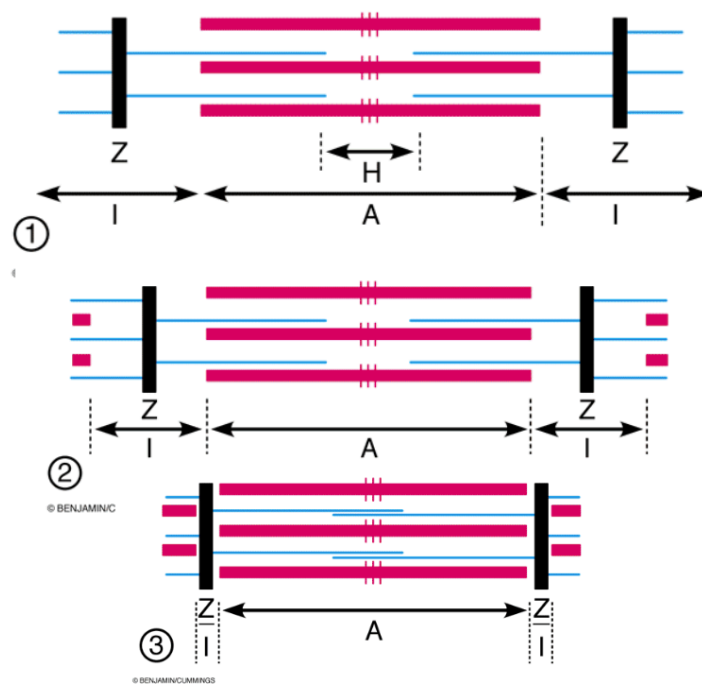


Figure 6 : Raccourcissement d'un sarcomère lors de la contraction musculaire.

Lors de la contraction musculaire, le sarcomère se raccourcit mais la longueur de la bande A reste constante (Fig. 6). Cela s'explique par la théorie des filaments glissants développée par Huxley et Niedeigerke [13]. Dans cette théorie, lors de la contraction musculaire, les filaments d'actine et de myosine glissent l'un sur l'autre.

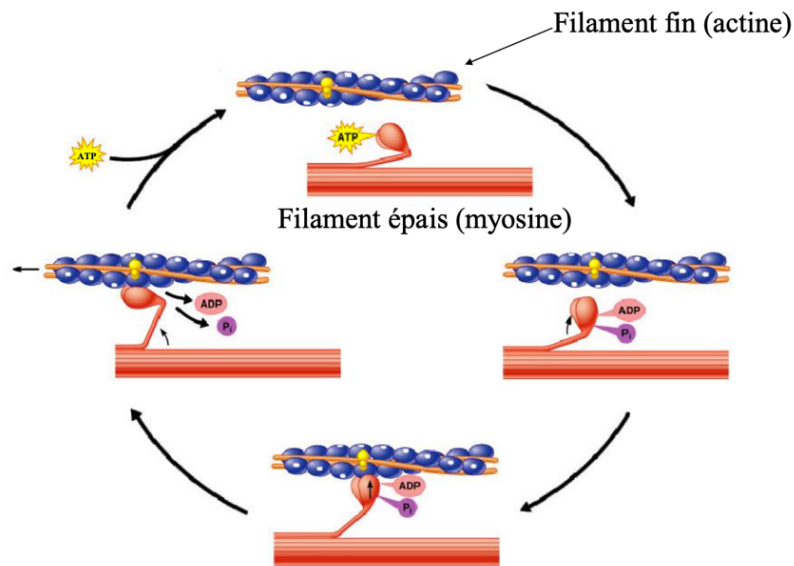


Figure 7 : Mécanisme moléculaire lors de la contraction musculaire.

Une molécule va venir se fixer sur un des sites actifs au niveau de la tête de myosine, puis va être hydrolysé par l'ATPase. A ce moment-là, les têtes de myosine vont se lier à l'actine formant les pont actine-myosine. La libération d'énergie qui suit de l'hydrolyse de l'ATP va générer le basculement de la tête de myosine et entrainer le glissement de l'actine sur la myosine (Fig. 7). Le filament d'actine se rapproche du centre du sarcomère en se déplaçant vers la ligne M. A la fin de ce mouvement, la tête de myosine se détache de l'actine, puis pivote pour se lier à une nouvelle molécule d'actine et ainsi commencer un autre cycle. De manière générale, on observe donc un raccourcissement du sarcomère qui implique donc un raccourcissement des fibres musculaires. Ce raccourcissement est à l'origine de la contraction musculaire.

Lorsque l'activité nerveuse cesse au niveau de la jonction neuromusculaire, la contraction s'arrête. Le réticulum sarcoplasmique repompe le calcium intracellulaire, faisant ainsi diminuer sa concentration. Il se sépare de la troponine C ce qui permet à la tropomyosine de masquer à nouveau les sites actifs de l'actine et d'inhiber la liaison actine-myosine.

2. Métabolisme énergétique

Au cours d'une journée, le corps consomme de l'énergie. Cette dépense énergétique est répartie en trois volets [14] :

- Le métabolisme de base

Il correspond à la dépense énergétique nécessaire pour assurer le fonctionnement de l'organisme tel que le cœur, la respiration, la digestion, l'activité cérébrale ou encore le maintien de la température. Il varie avec l'âge, le sexe, le poids, la taille et le poids de l'individu. Le métabolisme de base représente 60% de la dépense énergétique quotidienne.

- L'énergie dépensée pour l'activité physique

Cette dépense concerne toute dépense en lien avec le mouvement, c'est-à-dire les activités de la vie quotidienne mais également l'activité physique et sportive. Elle est estimée entre 15 et 30% et varie d'un individu à l'autre.

- L'effet thermique des aliments

Les aliments sont source d'énergie pour le corps. Mais pour que cette énergie soit utilisable par le corps humain, les aliments doivent préalablement être digérés, transformés en substrats pour ainsi pouvoir être stocké et consommé par l'organisme. L'ensemble de ce mécanisme consomme de l'énergie. Ce coût est estimé entre 5 et 10%.

L'énergie est ici mesurée à partir de la chaleur produite. Chez l'Homme, on mesure cette énergie en kilocalories (Kcal) et 1 Kcal correspond à la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température d'un gramme d'eau.

1) L'ATP

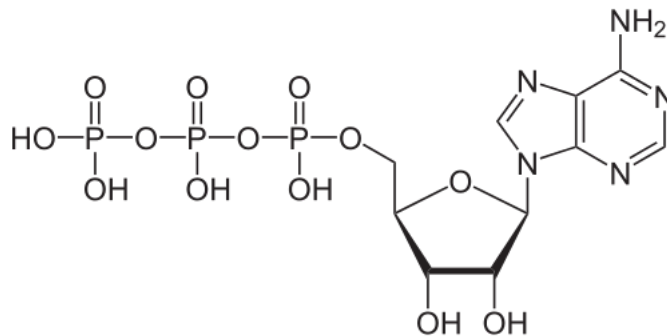


Figure 8 : Molécule d'ATP.

Lors de la contraction musculaire notamment lors de la course à pied, l'énergie est apportée sous forme d'ATP.

L'ATP (Fig. 8), ou Adénosine-TriPhosphate, est composée comme son nom l'indique d'une molécule d'adénosine (adénine liée à un ribose) combiné à trois groupements phosphates. La liaison entre les deux derniers phosphates est riche en énergie.

Grace à une enzyme, l'ATPase, l'hydrolyse de l'ATP libère l'énergie stockée dans cette liaison et est ainsi directement disponible. L'énergie libérée lors de cette réaction est estimée à 7,3Kcal par mole d'ATP [12].



Cependant, l'ATP est disponible immédiatement et le corps humain ne possède que de très faibles réserves en ATP.

Par conséquent il existe trois voies métaboliques afin de subvenir aux différents besoins en ATP :

- Le système ATP-PCr ;
- Le système glycolytique (voie anaérobie lactique) ;
- Le système oxydatif (voie aérobie).

2) Le système ATP-PCr (Fig. 9)

Ce système fait appel à une autre molécule possédant une liaison phosphate riche en énergie, il s'agit de la phosphocréatine (PCr) ou créatine phosphate. Son hydrolyse par la créatine kinase permet de libérer de l'énergie. L'énergie alors libérée va alors servir pour rejoindre le Pi à la molécule d'ADP et ainsi reformer de l'ATP. Cette dégradation de PCr est très rapide.



Lors d'un exercice musculaire intense tel qu'un sprint, le taux de phosphocréatine diminue pour maintenir l'ATP à un niveau stable. Cependant, ce système énergétique agit pendant 3 à 15 secondes [12]. Au-delà, les muscles doivent faire appel à d'autres systèmes pour fonctionner : le système glycolytique et le système oxydatif.

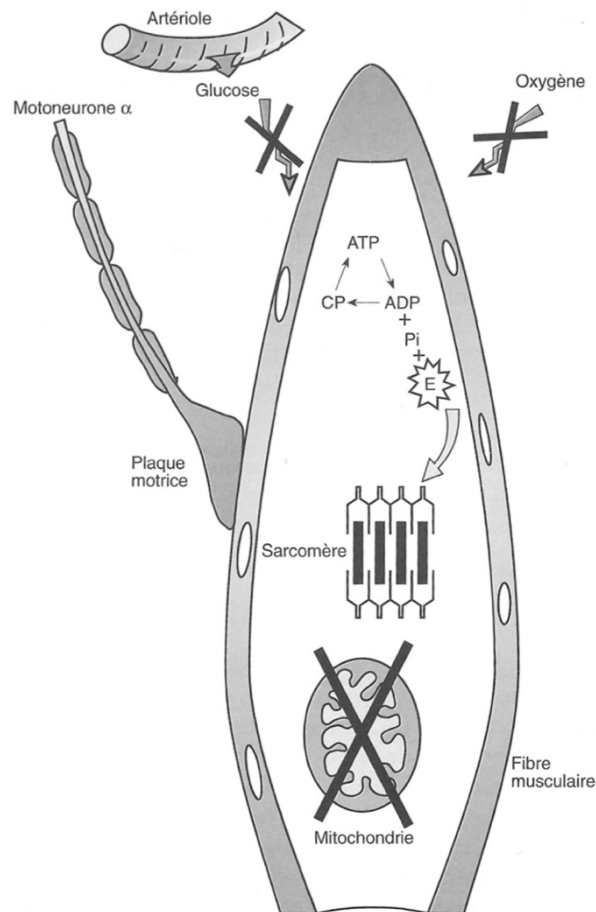


Figure 9 : Système ATP-PCr dans une cellule musculaire [15].

3) Le système glycolytique (Fig. 10)

Une fois les réserves d'ATP et de phosphocréatine épuisés, le système glycolytique entre en jeu pour produire de l'énergie. Il est appelé ainsi car il fait appel à l'hydrolyse du glucose, avec ou sans présence de l'oxygène.

Le glucose sanguin provient de la digestion des glucides et de la dégradation du glycogène hépatique. Ce système de production d'énergie va impliquer toute une cascade de réactions métaboliques appelé glycolyse.

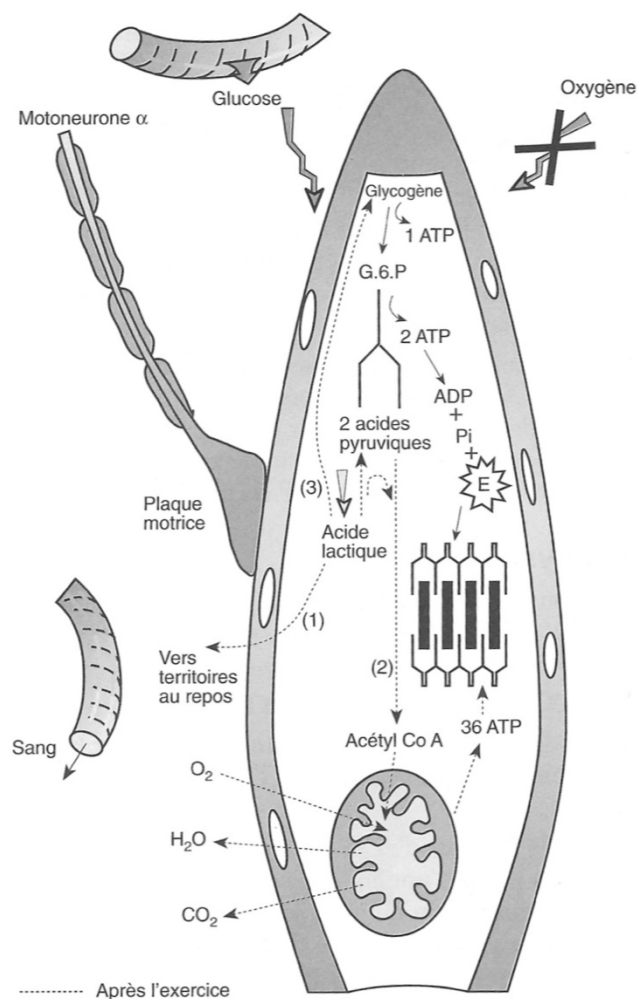


Figure 10 : Système glycolytique dans une cellule musculaire [15].

Pour que le glucose, ou le glycogène, puissent être utilisés en tant que substrat, ils doivent préalablement être transformés en glucose-6-phosphate ou G6P.

La transformation du glucose en glucose-6-phosphate consomme une molécule d'ATP, alors que celle du glycogène n'en consomme pas. Par la suite, douze réactions successives vont avoir lieu dans la glycolyse pour aboutir à deux acides pyruviques. En absence d'oxygène, l'acide pyruvique est ensuite transformé en acide lactique. On parle alors de glycolyse anaérobie. L'accumulation d'acide lactique dans les muscles peut aboutir à l'apparition de crampes. Cette acidification des fibres musculaires va être un facteur limitant, elle va altérer le fonctionnement de la glycolyse et inhiber la dégradation du glycogène.

La glycolyse permet un gain de 3 ATP à partir d'une molécule de glycogène et de 2 ATP à partir d'une molécule de glucose [12].

Ces deux systèmes anaérobies constituent les principales sources d'énergie lors d'exercices courts mais ne sont pas capables de subvenir aux besoins énergétiques lors d'exercices de plus de deux minutes. C'est là qu'intervient le système oxydatif.

4) **Système oxydatif**

Le système oxydatif représente la principale source d'énergie lors des efforts d'endurance. Ce processus est dit aérobie, il va donc dégrader les substrats énergétiques en présence d'oxygène. Pour ainsi produire de l'énergie, ce système va mettre en jeu la dégradation des glucides, des lipides et également des protéines. Ce processus se déroule à l'intérieur des mitochondries qui sont disséminées dans le cytoplasme des cellules musculaires. Contrairement aux deux systèmes anaérobies, ce dernier représente un apport énergétique considérable.

a) **L'oxydation des glucides**

i. **La glycolyse**

La glycolyse intervient dans la production aérobie et anaérobie d'ATP. Comme vu précédemment (**Système glycolytique II.2.3. p26**), la glycolyse aboutie à la formation d'acide pyruvique. En l'absence d'oxygène, il est transformé en acide lactique.

En présence d'oxygène, l'acide pyruvique est alors converti en acétyl-Coenzyme A (acétyl-CoA).

ii. Le cycle de Krebs (Fig. 11)

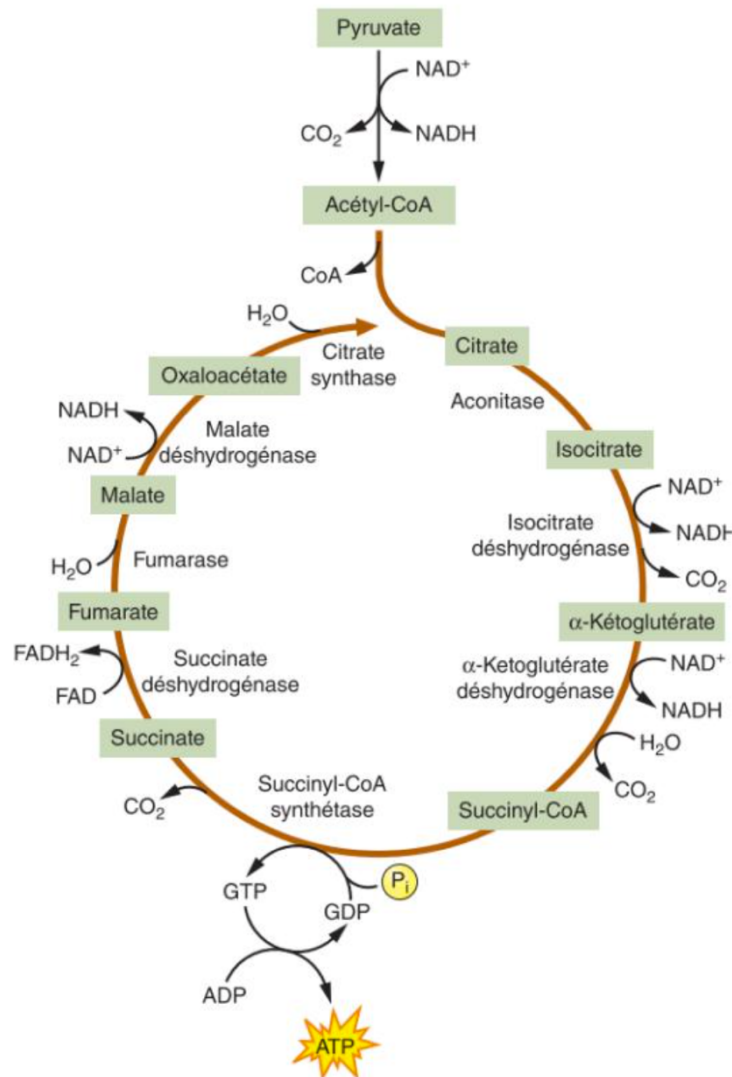


Figure 11 : Cycle de Krebs [12].

L'acétyl-CoA ainsi formé va entrer dans le cycle de Krebs pour une série de réactions chimiques permettant son oxydation. Une mole de glucose aboutit à la formation de deux acides pyruviques. Une mole de glucose parvient donc à deux cycles de Krebs. La transformation du succinyl-CoA en succinate par la succinyl-CoA synthétase aboutit à la formation de guanosine triphosphate (GTP) qui est un composé hautement énergétique. L'hydrolyse de la guanosine triphosphate en guanosine diphosphate (GDP) libère ainsi un P_i qui va s'associer à l'ADP pour reformer de l'ATP.

Une fois le cycle terminé, on obtient la production de deux ATP par mole de glucose, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone (CO₂).

Ce dernier diffuse hors des cellules, rejoint les poumons via la circulation sanguine afin d'y être éliminé. Les hydrogènes formés vont être pris en charge par la chaîne de transport des électrons.

iii. La chaîne de transport des électrons

Les ions hydrogènes précédemment formés vont acidifier le milieu intracellulaire s'ils s'accumulent. Pour les éliminer, le cycle de Krebs est ainsi associé à la chaîne de transport des électrons. Les ions hydrogènes formés vont s'associer à deux co-enzymes : le NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) et le FAD (flavine adénine dinucléotide) pour les transformer en forme réduite (NADH et FADH₂). Ces co-enzymes réduits vont transporter les hydrogènes vers la chaîne de transport des électrons au niveau de la membrane interne de la mitochondrie. La chaîne de transport des électrons est un ensemble de complexes protéiques, contenant des enzymes et des cytochromes dont le but est de diviser les ions hydrogènes en protons et électrons qui vont fournir l'énergie nécessaire à resynthèse d'ATP. Chaque molécule de NADH fournit trois molécules d'ATP et chaque molécule de FADH₂ en fournit deux.

Au final, le système oxydatif peut produire 38 molécules d'ATP par molécule de glycogène et 39 par molécule de glucose.

b) L'oxydation des lipides

Les graisses sous forme de lipides sont stockées au niveau des fibres musculaires et dans les cellules adipeuses. La famille des lipides regroupe de nombreux composés mais seuls les triglycérides sont une véritable source d'énergie. Pour qu'ils puissent être utilisés en ce but, la lipolyse entre en jeu. Par l'intermédiaires des lipases, un triglycéride va être dégradé en un glycérol et trois acides gras libres (AGL). Les AGL sont alors diffusés dans le sang pour atteindre les fibres musculaires.

i. La bêta-oxydation des lipides

Pour pouvoir être utilisés en tant que source d'énergie, les acides gras libres doivent être convertis en acétyl-CoA. Ce processus se nomme la bêta oxydation et a lieu dans la mitochondrie. Chaque acide gras va être scindé par couple de carbone pour former des molécules d'acides acétiques qui vont ensuite se lier au coenzyme A pour former des molécules d'acétyl-CoA. Le nombre d'acétyl-CoA dépend donc de la longueur de la chaîne carbonée de l'acide gras : plus elle va être longue, plus il y en aura.

ii. Le cycle de Krebs et chaîne de transport d'électrons

L'acétyl-CoA précédemment formé entre dans le cycle de Krebs et fonctionne comme vu précédemment lors de l'oxydation des glucides (**II.2.4.b.p28. L'oxydation des glucides**). Les ions hydrogènes libérés sont transportés par la chaîne de transport d'électrons qui va également participer à la production d'ATP. Les acides gras étant composés de plus de carbone que le glucose, il y a davantage d'acétyl-CoA donc davantage de production d'ATP. Le rendement énergétique du métabolisme des lipides est donc bien plus important que celui des glucides. Par exemple, l'acide palmitique est constitué de seize carbones et permet la production de 129 ATP [12].

c) L'oxydation des protéines

La néoglucogenèse permet la transformation d'acides aminées en glucose. Par conséquent les protéines peuvent être utilisées par le système oxydatif pour produire de l'énergie. Les protéines contribuent peu à la production de l'énergie en raison de leur faible utilisation au repos ou à l'exercice chez le sujet sain.

5) Interactions des systèmes métaboliques

Aucun système intervient indépendamment des autres. Les trois systèmes interviennent ensemble dans la production d'énergie, mais à des proportions différentes.

Ainsi lors d'un sprint de 100 mètres, le système ATP-PCr est majoritaire dans la fourniture d'énergie en raison de sa rapidité d'action, mais la glycolyse et le système oxydatif sont tout de même actifs. De même lors d'une épreuve de 10 km, le système oxydatif est majoritaire mais les deux autres participent également.

On peut dire que le système ATP-PCr à un débit énergétique élevé, donc une forte rapidité d'action, mais une faible réserve énergétique d'où son utilisation pour des exercices courts et intenses. *A contrario*, l'oxydation des lipides présente un faible débit mais une très grande réserve énergétique.

3. Apports nutritionnels

1) Les macronutriments

Les aliments sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement de l'organisme. Chaque nutriment apporté est indispensable pour maintenir un état de santé normal, satisfaire les besoins physiologiques et apporter de l'énergie lors de la pratique sportive telle que la course à pied. Les macronutriments constituent la plus grande source d'énergie et sont répartis en trois groupes : les glucides, les protéines et les lipides.

a) Les glucides

i. Composition, classification et métabolisme

Les glucides, ou hydrates de carbone, sont composés d'eau et de carbone. Ils sont employés comme source d'énergie, et également comme structure de base pour l'ADN et l'ARN. Les glucides interviennent dans la composition des parois cellulaires.

Pour répartir les glucides en catégories, la classification se base sur deux points : la longueur de la chaîne carbonée, et le nombre de sucres simples combinés dans sa molécule [16].

On retrouve donc les monosaccharides, les oligosaccharides et les polysaccharides.

- Les monosaccharides :

Ils sont constitués d'une seule molécule de sucre simple. On distingue principalement les pentoses (cinq atomes de carbone) et les hexoses (6 atomes de carbone).

Les principaux monosaccharides sont le glucose, le fructose et le galactose. Ils sont présents dans les fruits et le miel.

Les monosaccharides ont l'avantage de ne pas avoir besoin d'être hydrolysés pour être absorbés au niveau de la muqueuse intestinale. Ces sucres simples sont ordinairement nommés « sucres rapides » en raison de leur absorption et de leur apparition rapide dans la circulation sanguine.

En effet le glucose et le galactose passent les différentes membranes via un mécanisme de transport facilité impliquant une famille de transporteur GLUT (isoformes de 1 à 5). Le fructose, quant à lui, diffuse de manière passive, son passage entérocytaire est par conséquent légèrement plus lent [16].

- Les oligosaccharides :

Les oligosaccharides sont composés de 2 à 10 molécules d'oses. Les plus courants sont composés de deux oses, ce sont les disaccharides : on retrouve le saccharose (glucose + fructose), le lactose (glucose + galactose) et le maltose (Fig. 12). Le saccharose peut être retrouvé dans la betterave à sucre, la canne à sucre, les fruits ou encore le sirop d'érable. Le lactose est issu des produits laitiers, et le maltose des graines et la digestion de l'amidon [16].

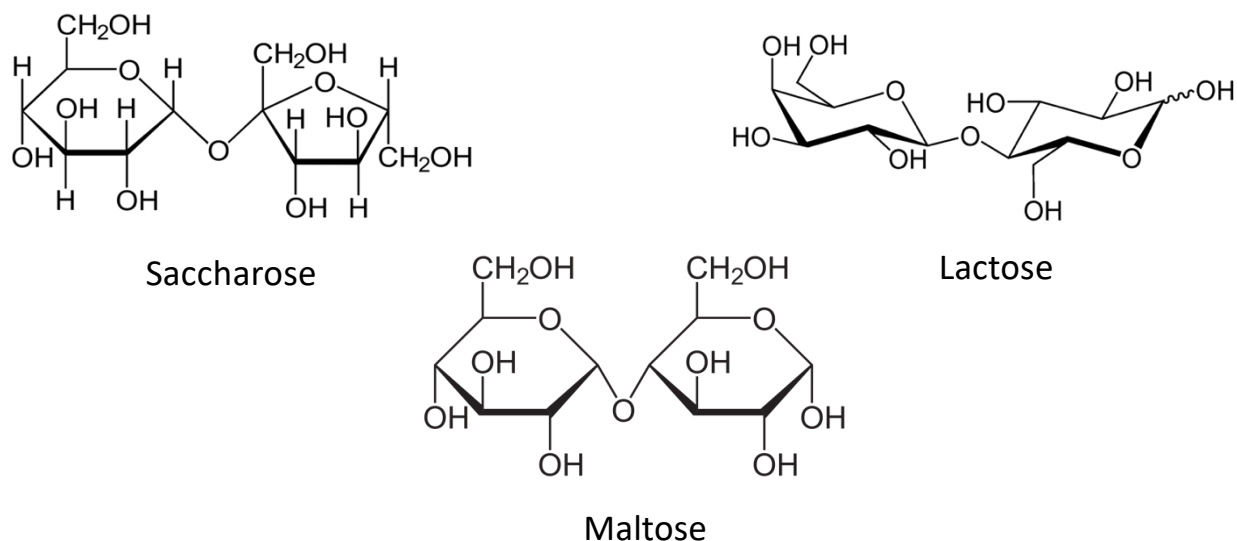


Figure 12 : Structures chimiques des principaux disaccharides.

○ Les polysaccharides :

Ils sont constitués d'un très grand nombre de molécules de monosaccharides. On retrouve par exemple l'amylose, l'amylopectine ou encore le glycogène qui est la forme de stockage musculaire et hépatique de polysaccharides.

L'amidon, qui est composé d'amylose et d'amylopectine, constitue le polysaccharide de réserve des végétaux et représente la plus grande source des hydrates de carbone alimentaire. Sous l'action d'enzymes (amylase puis de maltase), il se décompose en molécules de glucoses qui seront par la suite absorbées au niveau du tube digestif. L'amidon est présent dans le blé, les céréales, le riz, la pomme de terre et les légumes secs [16].

Seuls les monosaccharides n'ont pas besoin d'être hydrolysés pour pouvoir être absorbés. Contrairement aux « sucres rapides », les oligosaccharides et les polysaccharides sont des sucres plus complexes et doivent par conséquent être hydrolysés pour être absorbés. L'absorption est donc plus lente. La digestion débute en premier lieu avec l'amylase salivaire, puis se poursuit avec l'amylase pancréatique au niveau de l'intestin grêle.

Les produits issus de ces réactions enzymatiques sont des monosaccharides mais également une grande partie de disaccharides (saccharose, lactose, maltose) qui vont être hydrolysés par des disaccharidases membranaires. L'hydrolyse des disaccharides aboutit donc à deux monosaccharides et celle des polysaccharides aboutit à plus de dix molécules de monosaccharides [17].

Une fois dans la circulation sanguine, les glucides sont acheminés jusqu'au foie. Le fructose et le galactose y sont alors transformés en glucose. Le glucose est ensuite transformé en glycogène pour être stocké en partie dans le foie sous forme de réserve, et également dans les muscles pour pouvoir redonner du glucose directement assimilable si besoin. L'organisme d'un homme adulte contient approximativement 300g à 500g de glycogène musculaire et de 50 à 150g de glycogène hépatique [17].

- Le glycogène musculaire :

Les substrats glucidiques représentent la part principale des substrats utilisés par le muscle lors d'effort intenses au-delà de quelques secondes et jusqu'à plusieurs heures.

Le glycogène musculaire constitue une réserve d'énergie pour un effort d'une durée de 90 minutes à 75% de la VO₂ max (consommation maximale d'oxygène), ce qui correspond à un épuisement du glycogène musculaire lors d'un exercice de 4h à 55% de la VO₂ max [17]. Cependant, l'épuisement du glycogène musculaire ne signifie pas l'arrêt de l'exercice, mais va limiter la capacité de travail maximal.

- Le glycogène hépatique :

Au cours d'un exercice musculaire, la libération de glucose hépatique augmente de manière continue au cours de l'effort, jusqu'à atteindre cinq fois le débit de repos.

Cependant, les réserves de glycogène sont faibles, 50g à 150g, par conséquent d'autres voies métaboliques contribuent à la production de glucose hépatique. En début d'exercice, la glycogénolyse est la voie prépondérante : elle va permettre la production de glucose à partir du glycogène musculaire. Par la suite lors d'un exercice

prolongé d'au moins trois heures, c'est la néoglucogenèse qui va devenir la voie majoritaire dont les précurseurs sont le lactate, l'alanine et le glycérol.

ii. L'index glycémique

La réponse physiologique suite à l'ingestion de glucides diffère selon la nature des aliments. Une même quantité de glucides, mais provenant de sources alimentaires différentes, peut engendrer une élévation de glucose sanguin différente. L'index glycémique est ainsi défini par « l'aire sous la courbe de la réponse glycémique après ingestion d'un aliment glucidique. Cette courbe reflète d'une part la vitesse d'apparition du sucre dans le sang et d'autre part sa vitesse de captation par les tissus utilisateurs » [17]. Cela permet de comparer les aliments entre eux. L'aliment de référence est le glucose, il est considéré comme étant le plus rapide, un score de 100 lui est attribué. En fonction de leur score, les aliments peuvent être classés en sucre lents ou en sucre rapides.

iii. Les recommandations

Un gramme de glucides équivaut à 4 kilocalories (kcal). Cependant tous les glucides ne sont pas totalement digérés. Le rendement énergétique de certains glucides est nettement diminué en raison de l'enveloppe végétale et de leurs fibres associées qui ralentissent l'action des enzymes digestives. Le rendement des glucides complexes se situe aux alentours de 2 kcal/g.

Selon les recommandations nutritionnelles, les glucides alimentaires représentent 50 à 55% des calories ingérées chaque jour (2/3 issus de l'amidon et 1/3 du saccharose) [18]. Cependant selon les enquêtes nutritionnelles réalisées en France, on constate une diminution progressive de la part relative des glucides (de 42 à 48%) dans l'apport calorique total, au profit des apports lipidiques [17]. Il a été mis en évidence que la part des glucides complexes (céréales, végétaux) diminuent alors que la part des sucres industriels/raffinés augmente. Le sportif se trouvant majoritairement dans un milieu familial et social, les proportions caloriques ne diffèrent pas par rapport à la population

générale. Cependant, chez les sportifs, les glucides ont un rôle déterminant pour les performances physiques car ils représentent le carburant énergétique principal en début d'effort. Il y a donc un important besoin en nutriments glucidiques avant, pendant et après l'effort. Les valeurs recommandées chez le sportif endurant sont de 55% à 65% de l'apport énergétique total [19]. Il devra consommer entre cinq et dix grammes de glucides par kilogrammes de poids de corps et par jour en fonction de l'intensité et de la durée d'entraînement.

b) Les lipides

i. Définition, classification et recommandation

Les lipides sont définis comme des molécules insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques.

Au sein de l'organisme, les lipides ont des rôles essentiels dans l'organisme [17,20] :

- Stocker l'énergie sous formes de triglycérides présent dans le tissu adipeux.
- Constituants des membranes cellulaires sous formes de phospholipides, ils ont donc un rôle structural.
- Diverses fonctions métaboliques : précurseurs de molécules de régulation physiologiques tels que dans l'agrégation plaquettaire, l'inflammation, ou encore la vasoconstriction.
- Le cholestérol est précurseur des hormones stéroïdiennes : œstrogènes, testostérone. Il est également un élément important des membranes cellulaires, particulièrement au niveau du cerveau.

Les lipides constituent un groupe hétérogène de structures très variée [17]:

- Les lipides simples (homolipides) : acide gras, triglycérides, et cholestérol.
- Lipides complexes : phospholipides (90 à 95% des lipides alimentaires), glycolipides.

Dans l'alimentation, les lipides sont essentiellement présents sous forme de triglycérides (90 à 95%), le reste est représenté par les phospholipides et le cholestérol (5 à 10%).

Un triglycéride est composé d'une molécule de glycérol estérifiée par trois acides gras. Les acides gras qui composent ces triglycérides diffèrent selon deux critères : la longueur de la chaîne définie par le nombre d'atomes de carbone, et par leur degré d'insaturation (présence de double liaison dans la chaîne carbonée).

On distingue les acides gras saturés qui ne possèdent pas de double liaison et les acides gras monosaturés qui possèdent une double liaison (AGMI) et les polyinsaturés (AGPI) qui possèdent plusieurs doubles liaisons [20].

Dans la catégorie des acides gras polyinsaturés, on distingue deux familles d'acides gras, appelés « essentiels » car l'Homme ne peut les synthétiser. Les deux familles sont bien distinctes, sans transformations métaboliques possibles de l'une à l'autre.

Parmi les acides gras essentiels [17,20] :

- Les acides gras polyinsaturés oméga 6 dont le précurseur indispensable est l'acide linoléique. La première insaturation commence entre les carbones 6 et 7.
- Les acides gras polyinsaturés oméga 3 dont le précurseur indispensable est l'acide alpha-linolénique. A partir de ce précurseur peut être synthétisé l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA). La première insaturation commence entre les carbones 3 et 4.

Parmi les acides gras non essentiels, on retrouve les acides gras saturés qui sont athérogènes (comme par exemple l'acide laurique, l'acide myristique ou encore l'acide palmitique) et l'acide oléique qui est l'acide gras monosaturé majoritaire dans notre alimentation.

Le cholestérol provient soit d'une synthèse endogène (produit par l'organisme), soit par l'alimentation (produits animaliers). Le taux de cholestérol devant rester stable, il est finement régulé par l'organisme en fonction de l'absorption du cholestérol

alimentaire et sa synthèse endogène. Il est transporté dans le sang sous forme de lipoprotéines (VLDL, LDL, HDL) et ce sont eux que l'on va doser pour estimer le taux de cholestérol. Une concentration élevée est un facteur de risque cardiovasculaire [20].

ii. Recommandations

En 2010, selon l'Agence National de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), la part recommandée des lipides correspond à 35 à 40% des apports énergétiques totaux. Cela permet de couvrir les besoins en acide gras essentiels et indispensables [20].

D'un point de vue qualitatif les proportions recommandées sont de 25% d'acides gras saturés, 60% d'acides gras monoinsaturés et 15% d'acides gras polyinsaturés avec un rapport oméga 6 / oméga 3 égal à 5/1 [17].

Chez le pratiquant de course à pied, les lipides sont une source d'énergie lors d'un effort de plus de 30 minutes à un rythme soutenu. Par conséquent, les besoins en lipides représentent 25% à 30% de l'apport énergétique total, 8 à 10g/j d'oméga 6 et 1,6 à 2 g/j d'oméga 3 [17].

Chez les sportifs, on rencontre deux types de populations. D'une part les sportifs qui rejoignent le comportement de la majorité des français avec un régime hyperlipidique (35 à 39% de l'apport énergétique total) ; et d'autre part une population de sportifs ayant adopté un régime hypolipidique avec une part inférieure à 25% des AET pour permettre de favoriser les apports de glucides [17].

Les lipides sont des composés très énergétiques, on estime qu'un gramme de lipides équivaut à 9kcal. Les acides gras saturés assurent une part importante de l'apport énergétique.

On les retrouve par exemple dans les lipides d'origine animale tels que le beurre, la crème fraîche, l'huile de palme, la charcuterie, le fromage. Un apport important de ces

acides gras est responsable d'apparition de maladies cardio-vasculaires. Il faut donc les limiter.

Parmi les acides gras monoinsaturés on retrouve majoritairement l'acide oléique. On les retrouve dans l'huile d'olive, d'arachide, les amandes, la viande de porc ou de volaille. Ils ont un rôle protecteur contre l'athérosclérose.

Les acides gras polyinsaturés sont présents dans l'huile de pépins de raisin, de tournesol, de noix, et les poissons gras tels que les sardines, les maquereaux et les harengs.

c) Les protéines

i. Définition

Au sein de l'organisme, toutes les protéines ont un rôle précis [21]:

- Elles ont un rôle structural en participant notamment au renouvellement des tissus musculaires, des phanères, de la matrice osseuse. Environ un tiers de la masse totale des protéines est constituée de la protéine de structure collagène.
- Elles interviennent également au sein de nombreux processus physiologiques tels que :
 - o La digestion via les enzymes digestives ;
 - o Le transport de l'oxygène via l'hémoglobine ;
 - o La réponse immunitaire via les anticorps ;
 - o Le système de coagulation avec le fibrinogène ;
 - o Ou encore la production des hormones et des récepteurs qui sont indispensables pour le pilotage et la régulation des processus physiologiques.

D'un point de vue biologique, les protéines sont constituées d'acides aminés et peuvent être considérées comme de « *longues chaînes linéaires ou ramifiées, plus ou moins repliées sur elles-mêmes, organisées dans l'espace ou non* » [21].

Les acides aminés sont des molécules unitaires qui vont être associés dans un ordre bien précis pour donner une fonction bien précise.

Pour constituer les protéines, l'organisme utilise vingt acides aminés qui sont appelés acides aminés protéinogènes (Fig. 13). Parmi ceux-là, certains ne peuvent pas être synthétisés par l'Homme et sont donc appelés acides aminés essentiels. Ces acides aminés doivent donc être amenés par l'alimentation. Les acides aminés essentiels sont au nombre de neuf : l'isoleucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane, la valine et enfin l'histidine. Cependant, selon de récentes études, sept acides aminés essentiels peuvent être synthétisés à partir de leurs corps cétoniques correspondants et ne sont donc pas réellement essentiels. Seules la thréonine et la lysine sont transaminés de manière irréversible et sont donc véritablement essentiels [16].

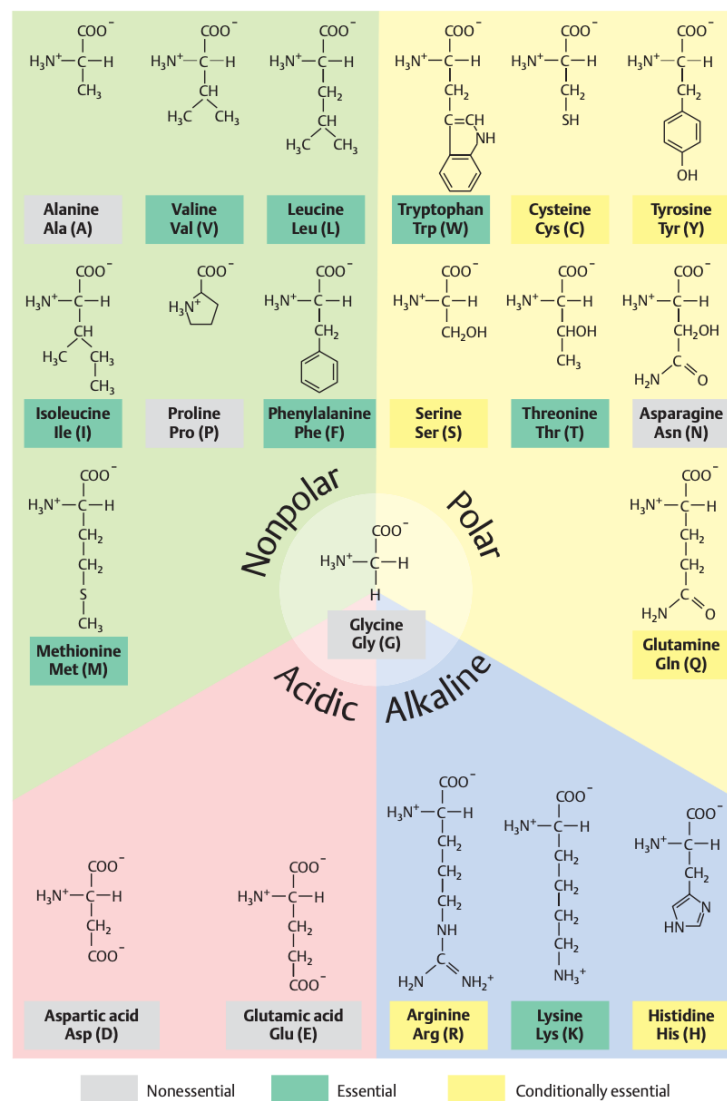


Figure 13 : Structures des vingt acides aminés [16].

Les acides aminés et donc, les protéines qu'ils composent, sont riches en azote et représentent notre source majoritaire d'apport.

La digestion des protéines commence en premier lieu au niveau de l'estomac. Une endopeptidase nommée pepsine va hydrolyser les liaisons peptidiques et ainsi former des peptides à longues chaînes. Elle n'est activée que dans un milieu acide.

Par la suite, au niveau du duodénum, l'augmentation du pH inactive la pepsine. Les endopeptidases et carboxypeptidases pancréatiques hydrolysent les peptides en des peptides de petites tailles et en acides aminés isolés.

C'est ensuite au niveau de la bordure en brosse de l'intestin que vont agir les dernières enzymes, on retrouve la trypsine, la chymotrypsine, une élastase, et les dipeptidases [16]. L'absorption cellulaire est prise en charge par différentes protéines de transport qui sont spécifiques de certains groupes d'acides aminés.

A l'état stable, le rapport entre la synthèse protéique et la dégradation est équilibré. Ce rapport est appelé balance protéique. Cependant, lors des efforts d'endurance telle que la course à pied, on observe un déséquilibre de cette balance protéique avec une augmentation de la dégradation protéique. Le but de cette dégradation accrue est d'augmenter la disponibilité des acides aminés afin de fournir des substrats énergétiques utilisables par le muscle. A contrario des glucides et des lipides, il n'existe pas de réserve de stockage d'acides aminés, ce qui implique que ce sont donc les protéines structurelles et fonctionnelles qui seront utilisés. Ainsi les acides aminés disponibles pour le métabolisme énergétique sont issus des apports alimentaires, de la protéolyse endogène ou sont synthétisés par l'organisme pour les acides aminés non essentiels. Seulement quelques acides aminés vont pouvoir être oxydés au sein du muscle squelettique, ce sont les acides aminés branchés (BCAA) : la leucine, l'isoleucine, la valine, et auxiliairement l'acide aspartique, l'asparagine et l'acide glutamique [17]. Ces derniers vont être désaminés pour former un acide alphacétonique qui va pouvoir fournir de l'énergie selon deux voies possibles : soit rejoindre le cycle de Krebs et ainsi produire de l'énergie via la voie oxydative ; soit rejoindre la néoglucogenèse et produire du glucose.

La production d'énergie fournie par l'oxydation d'acides aminés branchés est estimée entre 3 et 10% et varie en fonction du type d'exercice, de son intensité, de sa durée, de l'état d'entraînement et de la qualité de la ration alimentaire [17].

- **Sources alimentaires**

Les protéines animales sont majoritaires dans les pays industrialisés et sont issues des œufs, du lait, des poissons et de la viande. Elles sont généralement plus riches en acides aminés indispensables que les protéines végétales.

Les protéines végétales proviennent essentiellement des graines oléagineuses qui en sont très riches, tels que les cacahuètes, amandes, pistaches, les légumineuses (tofu, pois chiches, haricots, ou encore les céréales) [21].

- **Recommandations**

En 2016, l'ANSES a défini un intervalle de référence pour les adultes de 10 à 20% de l'Apport Énergétique Totale (AET). L'apport énergétique d'un gramme de protéines consommés équivaut à 4 kcal [17].

Pour un adulte en bonne santé l'ANSES recommande un apport en protéines de 0,83 g/kg/j [21].

Cependant pour un sportif régulier, cet apport recommandé augmente et passe à un minimum de 1,2 g/kg/j. Plus particulièrement dans les sports d'endurance, les recommandations pour un pratiquant de course à pied sont de 1,2 à 1,7 g/kg d'apport journalier [19]. Ainsi la part relative de l'apport énergétique quotidien devrait représenter 12 à 16% de l'apport énergétique total [22].

2) Les micronutriments

a) Les vitamines

Les vitamines sont des composés dépourvus de valeurs énergétiques mais qui sont essentielles au bon déroulement des processus physiologiques. Elles jouent un rôle primordial dans les réactions de production d'énergie et sont donc très importantes chez le sportif d'endurance. Seul la vitamine D peut être synthétisé par l'organisme, ce qui rend l'apport alimentaire essentiel. Les vitamines sont classées en vitamines hydrosolubles (vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12 et C) et vitamines liposolubles (A, D, E et K). Le sportif d'endurance doit veiller à éviter tous déficit vitaminique afin de ne pas nuire à ses performances. Les apports nutritionnels conseillés (ANC) sont définis comme les apports nécessaires pour couvrir les besoins de 97,5% de la population. Ils ont pour but premier d'éviter toute carence.

i. Les vitamines hydrosolubles

◆ Vitamine B1

La vitamine B1 est également appelé thiamine. Le terme vitamine B1 représente en réalité plusieurs composés possédant une activité thiaminique. Elle possède une activité importante dans la production d'énergie avec son rôle de coenzyme dans le métabolisme énergétique des glucides. La transformation du pyruvate en acetyl-CoA dans le cycle de Krebs est permise par la pyruvate déshydrogénase qui dépend de la thiamine [16]. La vitamine B1 participe également au bon fonctionnement du système nerveux, des capacités intellectuelles et de l'activité cardiaque [23].

On retrouve la vitamine B1 dans l'ensemble des aliments d'origine animale, et plus particulièrement dans le porc, les céréales complètes et les oléagineux. Son absorption est limité par l'alcool, le thé et le café [16,23].

Les ANC sont de 1,3 milligrammes par jour (mg/j) chez un homme et de 1,2 mg/j chez une femme [23]. Chez un sportif, ils peuvent être augmentés de 0,5 milligrammes par 1000 Kcal de dépenses énergétiques afin de maintenir un taux stable de thiamine. Le tableau clinique principal d'une carence en vitamine B1 est le BériBéri qui se manifeste par une insuffisance cardiaque, des œdèmes et des troubles neurologiques. Le BériBéri reste exceptionnel mais une carence en vitamine B1 est plus fréquemment rencontrée de nos jours en cas de métabolisme énergétique important ou encore d'alcoolisme chronique qui va perturber l'absorption et le métabolisme de la thiamine [16].

◆ **Vitamine B2**

Également nommée riboflavine, elle est le précurseur des coenzymes de déshydrogénases tels que le FAD et Flavine MonoNucléotide (FMN) qui interviennent dans les réactions de la chaîne respiratoire du transport des électrons.

La vitamine B2 est ainsi une vitamine indispensable chez le sportif d'endurance car elle contribue au métabolisme énergétique normal, au bon fonctionnement du système nerveux, au maintien de la peau et de la vision normale, au métabolisme du fer, au maintien des globules rouges et à la neutralisation de radicaux libres [24].

Les sources de riboflavine sont le foie, la levure, les œufs et les produits laitiers (yaourts, lait et fromage).

Les ANC sont de 1,6 mg par jour pour les hommes et femmes de plus de 18 ans [25]. Chez le sportif, il peut être augmenté de 1 mg/kg/j pour 1000 kcal de dépenses supplémentaires au-delà de 2200 kcal chez l'homme et de 1800 kcal chez la femme [26]. Les manifestations cliniques d'une carence en vitamine B2 sont extrêmement rares dans les pays industrialisés. Elle se traduit par des signes cutanéomuqueux telles que des gerçures des lèvres ou encore une dermatite [24]. Cette carence peut être observée en cas d'alimentation non équilibrée, d'alcoolisme chronique ou de pathologies responsable de malabsorptions.

◆ **Vitamine B3**

La vitamine B3, parfois nommée niacine vitamine PP (Pellagra Preventive) regroupe en réalité l'acide nicotinique et le nicotinamide dont les formes activées sont les coenzymes NAD (Nicotinamide-Adénine-Dinucléotide) et le NADP (Nicotinamide-Adénine-Dinucléotide Phosphate) formés par phosphorylation avec l'ATP [16].

La vitamine B3 participe ainsi au métabolisme du glucose lors de la synthèse d'ATP par le système oxydatif en intervenant au niveau de la chaîne de transport des électrons.

On en retrouve particulièrement dans le foie (15mg/100g), les viandes, les poissons, les céréales complètes et le café (1 à 2 mg par tasse de café) [7,16].

Les ANC sont de 14 mg pour les hommes et de 11 mg pour les femmes [27]. Cependant les besoins chez le sportif peuvent être augmentés de 2,5 mg pour 1000 kcal de dépenses supplémentaires au-delà de 2200 kcal et au-delà de 1800 kcal chez la femme [26]. Une carence en vitamine B3 entraîne des symptômes peu spécifiques, tels que l'insomnie, une perte d'appétit ou une perte de poids. A un stade plus avancé, un déficit peut engendrer la pellagre, ce qui entraîne une dermatite photosensible, des lésions cutanées, de la diarrhée, des vomissements, de la démence et des épisodes de dépression.

◆ **Vitamine B5**

La vitamine B5, ou encore acide pantothénique, est essentiel à la synthèse du coenzyme A à partir duquel est synthétisé l'acétyl-CoA qui intervient dans de nombreuses voies métaboliques, notamment dans la synthèse des acides gras et dans le cycle de Krebs. Elle est donc indispensable au métabolisme énergétique [16]. L'acide pantothénique est également impliqué au maintien des capacités intellectuelles normales, à la synthèse des hormones stéroïdiennes (hormones sexuelles et hormones du stress), de la vitamine D et aide à réduire la fatigue [28].

On retrouve particulièrement cette vitamine dans la gelée royale, le foie, les œufs et les produits dérivés de céréales complètes. Il a noté que cette vitamine a une présence ubiquitaire dans les aliments, de telle sorte que l'addition de tous les aliments consommés dans la journée aboutit à un approvisionnement conséquent. Par conséquent les carences en vitamine B5 sont rares et les symptômes observés sont peu spécifiques (céphalées, fatigue, atteintes du champ visuel) et une sensation de brûlure au niveau des pieds.

Les ANC sont de 6 mg/j chez un homme et de 5 mg/j chez une femme [25].

◆ **Vitamine B6**

Le terme vitamine B6 représente en réalité une famille de six composés, dont la plus courante est la pyridoxine. Elle intervient dans le métabolisme énergétique en participant à la glycolyse (conversion du glycogène en glucose) et à la néoglucogénèse (conversion d'acides aminés en glucose). Elle participe également à la formation des globules rouges, au maintien du transport de l'oxygène en y participant à la synthèse de l'hème dans l'hémoglobine et dans le maintien d'une activité normale des récepteurs aux hormones stéroïdiennes. De plus, elle intervient dans la synthèse de neurotransmetteurs tels que la sérotonine à partir du tryptophane, le GABA à partir de l'acide glutamique et la dopamine à partir de la tyrosine. Enfin, la vitamine B6 est impliquée dans la synthèse de la vitamine B3 à partir du tryptophane [29].

Les sources de vitamine B6 sont larges, elle est retrouvée dans l'ensemble des aliments. Plus particulièrement chez les foies de bœuf, de porc, de veau, chez les poissons, céréales complètes [25], certains fruits (bananes et fruits secs) et certains légumes (poireaux, avocats, brocoli, carottes, épinards) [29].

Du fait de cette présence ubiquitaire, les carences restent exceptionnelles. Elles s'observent majoritairement chez les personnes présentant un alcoolisme chronique ou des maladies chroniques de l'intestin empêchant son absorption. Les symptômes de cette carence sont des symptômes cutanés (gerçures des lèvres, une inflammation de la bouche) ainsi qu'une anémie microcytaire hypochrome. Contrairement aux

autres vitamines B, une toxicité est remarquée à partir de 150 mg/j et se manifeste par une neuropathie périphérique liée à une perte de la marche et de reflexes [16].

Les ANC sont de 1,7 mg/j chez l'homme et de 1,6 mg/j chez la femme. Chez un sportif ils sont augmentés de 2,5mg pour 1000 Kcal de dépenses supplémentaires au-delà de 2200 Kcal et au-delà de 1800 Kcal chez la femme.

◆ **Vitamine B8**

La vitamine B8, ou biotine, a principalement un rôle de coenzyme des carboxylases. On la retrouve ainsi dans le métabolisme énergétique avec son rôle de coenzyme de la pyruvate carboxylase lors de la néoglucogenèse, mais également la synthèse d'acide gras et d'acides aminés [16]. Elle assure le fonctionnement du système nerveux et participe au bon maintien des cheveux, des phanères, de la peau et des muqueuses [30].

Dans l'alimentation, les principales sources sont les produits laitiers, les œufs, les céréales complètes, les légumes secs, les choux fleurs ou les haricots [16]. Dans la population générale, une carence en vitamine B8 est plutôt rare mais peut être observée en cas de défaut d'absorption [25]. Les signes de cette déficience sont une perte des cheveux, des atteintes cutanées (dermatite, crevasses des commissures labiales), douleurs musculaires et paresthésies [16].

Les ANC sont de 40 µg/j (0,04 mg/j) chez les hommes et les femmes [26].

◆ **Vitamine B9**

Également nommé l'acide folique, la vitamine B9 représente plus généralement le groupe des folates présent dans l'alimentation. Cette vitamine intervient la production de matériel génétique avec la synthèse des bases puriques et de l'ADN [16]. L'acide folique participe à la multiplication cellulaire, ce qui la rend indispensable dans les périodes de forte activité métabolique tels que la grossesse (développement du

foetus), l'enfance et l'adolescence. En période de grossesse, un apport de vitamine B9 est indispensable afin d'éviter une carence responsable d'un défaut de fermeture du tube neural (spinabifida).

Elle possède un rôle important dans le fonctionnement du système nerveux avec la synthèse de neuromédiateurs, dans la formation de globules rouges ainsi que dans le métabolisme des acides aminés nécessaire à la croissance cellulaire [31].

Les principales sources de vitamine B9 sont les légumes à feuilles vertes (épinards, haricots, brocolis), le foie, la levure [16].

Les carences en vitamines B9 sont observées en cas d'alcoolisme chronique, de maladies de Crohn ou de maladie cœliaque, en encore de manière iatrogène (méthotrexate par exemple). Du fait de son rôle dans le renouvellement cellulaire au niveau des cellules sanguines ou encore celles de l'intestin, les symptômes observés sont la fatigue, des céphalées, des troubles digestifs et une anémie mégalo-blastique.

Les ANC chez l'homme et la femme sont de 330 µg/j et 440 µg/j chez la femme en période périconceptionnelle [31]. Chez le sportif, il est recommandé d'augmenter son apport de 100 µg par 1000 kcal si les dépenses énergétiques sont supérieures à 2200 kcal chez l'homme et 1800 kcal chez la femme [26].

♦ Vitamine B12

La vitamine B12, ou cobalamine, intervient dans la synthèse de l'ADN et des protéines corporelles. On la retrouve dans la formation des globules rouges et elle agit en tant que coenzyme pour maintenir un métabolisme énergétique normale. La vitamine B12 est donc essentielle chez le sportif car elle intervient dans le développement de la masse musculaire et dans le transport de l'oxygène. Elle contribue également au fonctionnement normal du système immunitaire, du système nerveux et des fonctions mentales [32].

La principale source de vitamine B12 est la viande animale. On en retrouve notamment dans les abats (foie), les poissons, les œufs et les produits laitiers. Du fait de cette présence essentiellement dans le règne animal, les personnes pratiquant un régime végétalien sont exposées à une carence en vitamine B12. Il en est de même pour les personnes qui vont mal absorber la vitamine B12, tels que les personnes souffrantes de maladies chroniques de l'intestin, celles ayant subi une intervention chirurgicale afin de lutter contre l'obésité ou encore une gastrectomie, et enfin les personnes âgées. Un déficit en vitamine B12 s'exprime principalement par une anémie mégalo-blastique. Elle s'accompagne par une fatigue, une dyspnée, ainsi que des atteintes neurologiques à l'origine de troubles mentaux tel que l'irritabilité, des troubles de l'humeur et de la mémoire [25].

Les ANC chez l'homme et la femme sont de 4 µg/j et de 4,5 µg/j chez la femme enceinte [25]. Chez le sportif, il est recommandé d'augmenter son apport de 1,5 µg par jour si les dépenses énergétiques sont supérieures à 2200 kcal chez l'homme et 1800 kcal chez la femme [26].

◆ **Vitamine C**

Également nommé acide ascorbique, la vitamine C possède un rôle principal d'antioxydant lui permettant de lutter contre les radicaux libres [25]. Elle est impliquée dans la synthèse de catécholamines, noradrénaline et adrénaline, elle participe à la synthèse du collagène, à la synthèse des acides biliaires à partir du cholestérol ainsi qu'à la synthèse de la carnitine à partir de la lysine et de la méthionine. Elle intervient également dans la synthèse du cytochrome P450 dans le foie permettant les réactions de détoxification [16]. Enfin, la vitamine C facilite l'absorption du fer [25].

Les principales sources de vitamine C sont les fruits et légumes avec en particulier le cassis, les agrumes, le persil et le poivron rouge [25]. Il est à noter que la vitamine C est détruite par le thé, le café, l'alcool, le tabac et la lumière [33]. Elle n'est pas stockable et doit être apportée quotidiennement.

Les ANC sont de 110 mg/j [25]. Chez les sportifs à haute dépense énergétique, un apport de 200 à 300 mg/j est recommandé [33].

Le déficit en vitamine C est le scorbut et se définit par des saignements muqueux, des douleurs musculaires notamment aux mollets, une gingivite et des hémorragies sous cutanées. *A contrario*, un excès de vitamine C pro oxydante peut nuire aux capacités de récupération et de régénération cellulaire.

ii. Les vitamines liposolubles

◆ Vitamine A

La vitamine A regroupe en réalité différents composés présentant des fonctions variées, on retrouve le rétinol, le rétinal et l'acide rétinoïque qui sont stockés au niveau du foie, ainsi que des caroténoïdes (comme par exemple le β -carotène) qui sont des provitamines A. Le rétinal est un dérivé indispensable pour la vision, il est un des composés de la rhodopsine qui va absorber la lumière. La vitamine et plus particulièrement l'acide rétinoïque est à l'origine de la différenciation des épithéliums muqueux (épithélium oculaire et des voies respiratoires), de la morphogénèse de certains tissus lors du développement embryonnaire ainsi que dans l'expression du génome [16,25]. Les dérivés caroténoïdes sont antioxydants [19].

La vitamine A est essentiellement apporté par les sources alimentaires d'origine animale. On en retrouve principalement dans le foie, les œufs et le beurre. Les sources principales de caroténoïdes sont les fruits (melons, mangues) et les légumes (carottes, patates douces). Il est à noter qu'elle est sensible à la lumière et que comme toutes vitamines liposolubles, elle doit être consommée dans un repas riche en graisses pour être mieux absorbée.

Les ANC sont exprimés en μg équivalent de rétinol (μgER) par jour et sont de 650 μgER par jour chez un homme et une femme soit 0,6 mg/j [25]. Chez le sportif, les ANC peuvent être augmentés de 0,2 μgER par jour par tranche de 1000 kcal de dépense énergétique supplémentaire si les dépenses journalières sont supérieures à 2200 kcal chez l'homme et 1800 kcal chez la femme [26]. Au vu de ces fonctions biologiques, la carence en vitamine A induit des retards de croissance intra-utérine et post natale, des malformations congénitales et une perte de vision oculaire [25].

Cette carence est rare dans les pays industrialisés mais très répandue dans les pays en développement, elle est une des causes importantes de cécité et de morbidité infantile [16].

◆ Vitamine D

Le terme vitamine D regroupe deux composés : la vitamine D2 ou ergocalciférol, et la vitamine D3 également nommée cholecalciférol. Elle est essentielle au maintien de l'homéostasie du calcium et du phosphore en augmentant leur absorption intestinale [16]. En assurant le maintien d'un taux de calcium suffisant, la vitamine D intervient donc dans la des tissus (os, cartilage et dents), permet une contraction musculaire efficace assure le bon fonctionnement du système nerveux [34].

Elle est également impliquée dans la régulation hormonale, la différenciation cellulaire, et enfin dans le système immunitaire en inhibant la prolifération cellulaire des cellules tumorales et en luttant contre les infections [16].

Les sources principales de vitamine D via l'alimentation sont les poissons gras (le hareng en contient 30 µg pour 100g), l'huile de foie de morue ainsi que les œufs [16]. La vitamine D est également synthétisée de manière endogène par les cellules profondes de l'épiderme à partir du cholestérol sous l'action direct du soleil (UV-B). Elle dépend de plusieurs facteurs tel que la latitude du lieu de vie, de la durée, de l'intensité de l'exposition et de la saison ainsi que la pigmentation de la peau [34].

Les ANC sont de 15 µg/j pour les adultes [25]. Selon l'étude Inca3 [25], les apports moyens en vitamine D3 dans la population sont cependant insuffisants, en moyenne un adulte consommerait 3,1 µg/j de vitamine D. Les signes d'une carence sont des troubles musculaires ainsi que des troubles osseux (ostéomalacie chez les adultes et rachitisme chez les enfants) qui peuvent induire des douleurs et des déformations osseuses. Un apport insuffisant peut ainsi entraîner une diminution de la masse osseuse et augmenter le risque de fracture [34]. Un apport supplémentaire est donc nécessaire chez les populations à risques : les personnes âgées, les nouveaux nés et nourrissons pendant les deux premières années de vie, les femmes enceintes, et les

personnes à peau mate ou foncée chez qui la synthèse endogène est moins efficace [34].

◆ **Vitamine E**

La principale fonction de la vitamine E est d'agir en tant que qu'antioxydant. Elle va protéger les lipides membranaires de la liperoxydation [16]. Elle a donc un rôle protecteur des membranes. Sa capacité antioxydante dépend d'effets synergiques et complémentaires avec d'autres antioxydants endogènes et exogènes tels que la vitamine C ou les caroténoïdes [25].

On retrouve principalement la vitamine E dans les huiles végétales, en particulier dans l'huile de germe de blé pressée à froid, l'huile de tournesol et l'huile d'olive [16].

Les ANC sont de 10 mg/j chez un homme et de 9 mg/j chez une femme [25]. Chez le sportif, les apports peuvent être augmentés à raison de 12 mg/j par tranche de 1000 kcal de dépense énergétique supplémentaire si les dépenses journalières sont supérieures à 2200 kcal chez l'homme et 1800 kcal chez la femme. Le déficit en vitamine E est exceptionnel, il est observé chez les personnes atteintes de dénutrition sévère, de maladie cholestatique du foie, de troubles de l'absorption des lipides et de mucoviscidose [25]. Les symptômes sont neurologiques (polyneuropathie, myopathie). *A contrario*, un surdosage entraîne un effet pro oxydant mais le risque reste faible en raison de son excrétion par la bile hépatique. L'augmentation des apports au-delà des ANC chez le sportif n'entraîne aucun avantage sur les performances sportives [35].

◆ **Vitamine K**

Le terme vitamine K regroupe la vitamine K1 (phylloquinone), la vitamine K2 (ménaquinone) et la vitamine K3 (ménadione). La vitamine K présente un rôle indispensable lors de coagulation sanguine. Elle joue le rôle de cofacteur des facteurs de coagulation (II, VII, IX, X) ce qui lui confère un effet antihémorragique. La vitamine K2 intervient dans le métabolisme osseux en participant à la formation d'une protéine

osseuse (l'ostéocalcine) et en inhibant la mobilisation du calcium en période post-ménopausique [16].

La vitamine K1 se retrouve dans les chloroplastes des plantes vertes. Les principales sources de vitamine K1 sont donc les légumes verts comme les choux verts, la ciboulette et la salade. La vitamine K2 est produite exclusivement par les bactéries et se retrouve principalement dans les aliments d'origine animale tels que le foie, le bœuf, la volaille, les œufs et les produits laitiers. Ainsi la vitamine K se retrouve autant dans aliments d'origine animale que végétale [16,25].

Les ANC sont de 79 mg/j chez un adulte [25]. Un déficit en vitamine K se signale par des hémorragies accrues due à des troubles de la coagulation sanguine. Chez le pratiquant de course à pied, des microhémorragies surviennent lors du ballonnement des viscères au cours du jogging. La moindre carence en vitamine K peut entraîner une aggravation de ces saignements, d'où l'importance chez le sportif d'endurance bien respecter les apports recommandés [36].

b) Les minéraux et oligoéléments

Ces éléments représentent environ 4% du poids corporel. Ce qui diffère entre les minéraux et les oligoéléments, c'est la quantité. Ils sont appelés oligoéléments lorsqu'on les retrouve en très faibles quantités ou à l'état de traces, et sels minéraux lorsqu'on les retrouve en plus grandes quantités. Les quantités de matières minérales retrouvées dans l'organisme sont par conséquent très variables, allant de quelques grammes pour le zinc ou le fer, à pratiquement 1 kg pour le calcium. Ils interviennent dans un large panel de fonction comme par exemple la minéralisation, les systèmes enzymatiques ou hormonaux, le système immunitaire, nerveux et musculaire. Généralement, ces composés sont apportés via une alimentation saine et équilibrée. Chez le pratiquant de course à pied et plus globalement le sportif d'endurance, les apports sont augmentés et une carence peut réduire l'efficacité de l'organisme et des performances. Les pertes chez le sportif sont dues aux pertes sudorales qui peuvent être augmentées et à l'élimination dans les urines.

Il existe plus d'une vingtaine de minéraux et oligoéléments. Les sels minéraux retrouvés dans l'organisme sont le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium ; les oligoéléments les plus importants chez le sportif sont le cuivre, le fer, le sélénium et le zinc.

i. Le calcium

Le calcium est le minéral le plus répandu dans le corps humain. Un homme adulte contient environ 1kg de calcium [16]. Près de 99% du calcium se localise au niveau des os et dents. Il est donc essentiel à la minéralisation du squelette et constitue une réserve osseuse potentiellement mobilisable en fonction du statut calcique de l'organisme. Le reste du calcium va être utilisé afin d'assurer de nombreuses fonctions nécessaires à l'organisme tels que la signalisation cellulaire, la perméabilité membranaire et l'excitabilité neuromusculaire. Le calcium est indispensable chez le sportif d'endurance car il a un rôle essentiel dans la contraction musculaire, la contraction/relaxation des vaisseaux sanguins et dans la construction osseuse [19]. L'absorption du calcium est favorisée par la vitamine D.

Les principales sources de calcium sont les produits laitiers tels que le lait ou les fromages (exemple de l'emmental qui en contient 900mg pour 100g), les légumes verts (brocolis, fenouil, chou vert), les herbes (basilic, persil, romarin), noisettes, amandes et certaines eaux minérales [16]. Cependant, en raison de leur pouvoir acidifiant, les produits laitiers favorisent les pertes urinaires de calcium [19].

Les ANC sont de 950 mg/j chez un adulte [25]. Une carence en calcium implique une atteinte squelettique pouvant entraîner une déminéralisation osseuse (ostéomalacie) ou de l'ostéoporose augmentant le risque de fractures.

ii. Le magnésium

Le corps humain contient environ 25g de magnésium à l'âge adulte, dont 50 à 60% localisés au niveau des os et 25% dans les muscles. Le magnésium est un sel minéral qui participe à plus de trois cents réactions enzymatiques par sa fonction de cofacteur. Il est très important chez le sportif car il participe à la production d'énergie notamment dans les métabolismes des glucides, des lipides et des protéines.

Le magnésium est impliqué dans de nombreuses autres fonctions tels que la transmission de l'influx nerveux, la relaxation musculaire, le fonctionnement psychique normal en réduisant l'irritabilité et la nervosité. De plus le magnésium pourrait avoir un effet protecteur contre les maladies cardiovasculaire et le diabète [37].

Le magnésium est présent dans le chocolat, les céréales complètes, les oléagineux, les légumes secs, les fruits de mer et certaines eaux minérales [25,37]. L'absorption de magnésium peut être limitée par des doses élevées de calcium [19].

Les ANC sont de 380 mg/j chez les hommes et de 300 mg/j chez les femmes [25]. Chez les sportifs, une dose de 6 mg/kg/j est recommandé [26].

Les principaux signes d'un déficit en magnésium sont les troubles musculaires (notamment les crampes), des troubles neurologiques, psychiques et enfin une irrégularité du rythme cardiaque [37]. Chez le sportif on note également une baisse de la VO₂max et une baisse de la récupération après l'effort [19].

iii. Le potassium

Le potassium est l'ion le plus représenté dans le milieu intracellulaire (140mmol/L) qui, avec le sodium en extracellulaire, va permettre de maintenir la pression osmotique des cellules [16]. Il participe à de nombreuses fonctions physiologiques indispensables chez le pratiquant de course à pied. Il assure la bonne transmission de l'influx nerveux, participe à la fonction cardiaque, à la contraction musculaire ainsi que dans les

métabolismes glucidiques et protéiques [25]. Il joue également un rôle dans la régulation de l'équilibre acido-basique [19].

On retrouve du potassium dans la majorité des aliments. Il est particulièrement présent dans le chocolat, les légumes (épinards, bettes, salade) et les fruits (la banane en contient 250 mg pour 100 grammes). Cependant notre alimentation actuelle provoque un déséquilibre entre le potassium et le sodium : des apports diminués en potassium et excessifs en sodium. Pour corriger ce déséquilibre, il faut consommer en abondance les fruits et légumes tout en diminuant le sel.

Les ANC sont de 3,5 grammes par jour [25]. Les carences en potassium sont rares et peuvent induire une fatigue musculaire notamment à l'effort, des crampes et des troubles cardiaques. Une carence peut survenir chez le sportif en cas d'activité intense si les pertes sudorales ne sont pas compensées. Des pertes digestives peuvent également se manifester en cas de diarrhées et de vomissements [38].

iv. Le sodium

Le sodium est l'ion majoritaire dans le milieu extracellulaire et va avoir un rôle essentiel dans le maintien de la pression osmotique. Il va donc conditionner les échanges à travers les membranes cellulaires et joue un rôle déterminant dans la régulation du volume du liquide extracellulaire. Le sodium a donc une action rôle hypertenseur sur la pression artérielle et augmente la prévalence de maladies cardiovasculaires [39]. Les transmissions nerveuses et les contractions musculaires sont également liées au sodium.

Le sodium est très présent dans notre alimentation moderne. Les principales sources sont le sel de table, les sauces, la charcuterie ainsi que certains fruits et légumes (noix de coco, navet, céleri, épinard) [25,39].

L'apport de sodium recommandé est de 1,5 g/j [25] à 8 g/j chez les hommes adultes et 6,5 g/j chez la femme. Selon les données les plus récentes [40], les français ont une consommation bien supérieure aux recommandations (8,7 g/j chez l'homme et 6,7 g/j chez la femme sans compter le salage des plats). Une carence sévère provoque l'apparition d'œdèmes cérébraux, de nausées, de malaises, de convulsions pouvant aboutir à un coma ou même un décès [25]. Le sportif est particulièrement sujet à cette carence en raison des pertes sudorales et de l'hyponatrémie de dilution qui fait suite à une hydratation inadaptée [39].

Un excès de sodium conduit à une déshydratation, et peut être à l'origine de blessures et de baisses de performances sportives.

v. Le cuivre

C'est un oligoélément essentiel à l'organisme qui intervient en tant que composant du système antioxydant endogène participant dans de nombreuses réactions d'oxydoréductions. Il joue également un rôle dans le bon maintien du tissu conjonctif, la synthèse de cartilage, au bon fonctionnement système immunitaire, du système nerveux, du métabolisme du fer ainsi qu'à la production de globules rouges [41].

On retrouve du cuivre dans les abats, les crustacés, les céréales, les fruits et les légumes [16].

Les ANC sont de 1,9 mg/j chez les hommes et de 1,5 mg/j chez les femmes. Les symptômes d'un déficit sont une anémie hypochrome, une neutropénie, une leucopénie et troubles de la synthèse de collagène.

vi. Le fer

Le fer contribue aux fonctions biochimiques essentielles à notre organisme et est primordial chez le sportif d'endurance. Il participe à la composition de l'hémoglobine

pour assurer le transport de l'oxygène dans le sang, ainsi que dans celle de la myoglobine qui transporte l'oxygène dans les muscles. De plus, le fer intervient également le transport d'électrons ainsi que des réactions d'oxydo-réductions enzymatiques [16]. L'organisme en contient 2,5 à 4 grammes et les organes de stockage sont le foie, la rate, la muqueuse intestinale et la moelle osseuse.

La majorité du fer de l'organisme (70%) est présent sous forme héminique, c'est-à-dire associé à l'hémoglobine. Le reste est sous forme non héminique ce qui correspond à la forme de transport et de réserve.

Dans l'alimentation, le fer est présent sous deux formes : le fer héminique et le fer non héminique. Le fer héminique est exclusivement issu du règne animal. On en retrouve donc dans la viande (particulièrement dans la viande rouge), les abats, les poissons et les fruits de mer [25]. Le fer non héminique est présent dans tous types d'aliments, animaux ou végétaux. Il est à noter que le fer héminique est beaucoup plus assimilable que le fer non héminique, ce qui explique pourquoi les viandes sont de meilleures sources de fer. Le thé, le café et les polyphénols peuvent diminuer l'absorption du fer. A contrario, la vitamine C facilite son assimilation.

Les ANC sont de 11 mg/j chez un adulte et peuvent monter jusqu'à 16 mg/j chez une femme ayant des pertes menstruelles élevées. Chez le sportif, les ANC peuvent être augmentés de 6 mg/j par tranche de 1000 Kcal de dépense énergétique supplémentaire si les dépenses journalières sont supérieures à 2200 Kcal chez l'homme et 1800 Kcal chez la femme [26]. Une carence en fer entraîne une anémie ferriprive. La course à pied est le sport le plus générateur de carences en fer et d'anémies ferriprives [19]. Les causes peuvent être des pertes digestives qui font suite à de possibles inflammations des muqueuses et/ou des microtraumatismes au niveau intestinal ou gastrique [42], la destruction des globules rouges en raison de chocs dans les vaisseaux ou de déformations excessives des globules rouges afin de passer dans les vaisseaux sanguins de faible diamètre ou encore un régime déséquilibré en fer. Cela entraîne chez le sportif une fatigue générale, une réduction de la tolérance à l'effort, une tachycardie et un essoufflement inhabituel [19].

vii. Le sélénium

Le sélénium est un oligoélément qui possède un rôle anti oxydant essentiel chez le sportif [43].

Il participe, en lien avec la vitamine E, à l'activité d'enzymes anti oxydantes dont la principale est la glutathion peroxydase. Cette propriété anti oxydante permet d'éliminer les peroxydes toxiques produits lors de la respiration cellulaire au cours de la l'activité sportive.

Le sélénium, est également impliqué dans la synthèse d'hormones thyroïdiennes, lutte contre l'inflammation et les infections [19].

Les principales sources de sélénium sont les oléagineux (notamment les noix du Brésil), les fruits de mer, les poissons, les œufs et la viande [25]. La proportion de sélénium dans les végétaux est dépendant des lieux de production et de la teneur des sols en sélénium.

Les ANC en sélénium sont de 70 µg/j chez les adultes [25]. Un déficit en sélénium peut être observés chez les sportifs végétariens/végétaliens et dans les régions où les sols est pauvre en sélénium. Ce déficit entraîne l'apparition d'une sensibilité aux infections, des douleurs musculaires et une fatigabilité à l'effort [43].

viii. Le zinc

Le zinc est un oligoélément qui intervient dans plusieurs fonctions métaboliques. Il a un rôle très important dans le système immunitaire (prolifération de lymphocytes T), dans la protection contre les radicaux libres grâce à sa fonction anti oxydante, ainsi que dans la multiplication cellulaire [16]. Le zinc intervient dans beaucoup de réactions enzymatiques et participe ainsi à la synthèse normale d'ADN, au métabolisme acidobasique, à la régulation hormonale (facteur de croissance, insuline, thymuline), à la vision et aux fonctions intellectuelles [16,44]. Le zinc est très important chez le sportif car il participe aux métabolismes des glucides, des lipides et à la synthèse des

protéines. Dans l'organisme on retrouve 1,5 à 2,5 mg de zinc dont les principaux organes de stockage sont les os, la peau et les cheveux.

Les sources principales de zinc sont les huîtres (85 milligrammes pour 100 grammes), les germes de blé, le foie de veau, la viande et les noix [16]. Il est à noter que l'absorption du zinc est limitée par l'acide phytinique, des doses élevées de cuivre, de fer, de calcium, de phosphore et de métaux lourds.

Les ANC vont de 9,4 à 14 mg/j chez un homme, et de 7,5 à 11 mg/j chez la femme [25]. Les signes d'une carence sont des troubles de la cicatrisation, des infections, des troubles cutanés et des troubles de la vision.

3) L'hydratation

a) Les rôles de l'eau dans l'organisme

L'eau est le constituant principal de l'organisme. Selon l'âge, le sexe et la composition corporelle, elle représente 40% à 70% de la masse corporelle d'un individu, 65% à 75% de la masse musculaire et environ 50% de la masse grasse [22]. Ce qui équivaut en moyenne à environ 45 litres d'eau chez une personne de 70kg.

La grande majorité de l'eau au sein de l'organisme se trouve à l'intérieur des cellules (intracellulaire). Une autre partie occupe l'espace intercellulaire servant de réserve aux cellules et aux vaisseaux sanguins. Le reste est contenu dans le sang et la lymphe, et circule en permanence dans tout l'organisme [45].

En plus d'être l'élément essentiel des cellules, l'eau remplit plusieurs rôles :

- Maintien de la température constante à l'intérieur de l'organisme (thermorégulation) en absorbant la chaleur puis en la libérant sous forme de sueur [19].

- Participe à de nombreuses réactions chimiques au sein de l'organisme avec notamment la glycolyse nécessaire à la production d'ATP (adénosine triphosphate- l'énergie servant à la contraction musculaire) [45].
- Transport des nutriments via la circulation sanguine [19];
- Permet l'élimination des déchets métaboliques [19] ;

La quantité d'eau dans l'organisme reste passablement stable au cours du temps malgré le fait que le corps humain ne puisse pas stocker l'eau. Notre organisme doit donc réguler continuellement la quantité d'eau. Les entrées se sont réalisées par l'ingestion des liquides présents soit dans les boissons soit dans l'alimentation, notamment à travers les fruits et légumes. Les entrées sont conditionnées par la soif. Elle est due à un déficit en eau au niveau extracellulaire et n'apparaît que tardivement, à environ 1% de déshydratation [19].

L'organisme élimine l'eau via les excréations, la respiration et la transpiration. La transpiration est impactée par les conditions atmosphériques ainsi que par le type d'exercice physique : plus la chaleur et/ou l'activité physique est importante, plus la transpiration est abondante. La sueur représente 70 à 80% des pertes d'eau à l'effort [46]. Bien que d'importantes quantités d'eau soient éliminées au cours de l'activité physique notamment via la transpiration, l'absorption de liquide restaure rapidement les déséquilibres des niveaux liquidiens.

Pour un adulte moyennement actif, dans une ambiance neutre, les recommandations de l'European Food Safety Authority (EFSA) en 2008 sont d'environ 2,5 litres d'eau, 1L apporté par l'alimentation et 1,5L de boisson [22]. Malgré leurs besoins accrues, selon une étude enquête d'approche préparation diététique réalisé par l'INSEP en 2011, environ 47% des athlètes consomment moins de 1,5L d'eau par jour en dehors des entraînements [47].

b) La déshydratation

i. Le processus

La déshydratation représente un déséquilibre entre les mouvements liquidiens, ce qui signifie que les pertes en eau ne sont pas compensées par les entrées, et ce même si le sportif est, au préalable, normo-hydraté ou hyper-hydraté [22].

Lors de la pratique sportive, la déshydratation a pour seule origine la sudation.

Lors d'un footing ou d'une course à pied à allure modérée, le débit sudoral est de 0,5 à 1 litre par heure. Lors d'un marathon, il peut monter jusqu'à 2,5 litres par heures [47].

ii. Les risques

Si cette perte d'eau reste inférieure à 0,5% du poids corporel, aucune manifestation n'est constatée. Au fur et à mesure que l'exercice se prolonge, cette perte d'eau augmente et l'exercice est de plus en plus mal toléré si l'on ne la compense pas. Il a été démontré que la déshydratation est responsable d'une baisse des aptitudes physiques des sportifs par une augmentation de la fréquence cardiaque et de la température interne [22].

La sensation de soif correspond à une perte de 1% du poids corporel.

Les signes et les effets de la déshydratation sont [19] :

- Dès 1% : Sensation de soif et diminution des performances en endurance de 10% ;
- Dès 2% : Sensation de soif exagérée, diminution des performances en endurance de 20% et diminution des fonctions cognitives d'environ 10% [47];
- Dès 3% : Bouche sèche, baisse du volume sanguin, baisse de la sécrétion d'urine et diminution des performances en endurance de 30% ;
- Dès 4% : Diminution des capacités d'endurance de 40% et diminution des fonctions cognitives d'environ 10% [47];
- Dès 5% : troubles du comportement, céphalées, baisse de la concentration ;
- Dès 6% : altération du système de régulation de la température corporelle et apparition de tachycardie ;
- État de choc à partir d'une perte de 7% de poids corporel.

Il est à souligner qu'une déshydratation chronique entraîne une augmentation du risque de blessures et de tendinopathies.

Pour mesurer cette perte, il existe la méthode de la pesée. Cela consiste en une pesée avant puis après l'exercice, tout en tenant compte du poids de l'eau consommé lors de l'exercice. Cela permet une évaluation précise des pertes en eau non compensées et donc d'anticiper l'hydratation pour les futurs entraînements.

III. Prise en charge du coureur à l'officine

1. Les conseils nutritionnels apportés au pratiquant de course à pied à l'officine

L'alimentation est primordiale chez le coureur à pied afin de combler les pertes lors de l'effort. L'activité sportive se traduit par une importante augmentation des besoins en énergie et pour maintenir la balance énergétique il faut donc une augmentation des apports alimentaires. L'équilibre de l'apport nutritionnel par rapport aux dépenses et besoins spécifiques de l'athlète représente un facteur primordial de la réussite sportive. Par conséquent, le sportif se doit de préparer son organisme afin de faire valoir tout son potentiel sportif.

Chez le sportif, les recommandations nutritionnelles sont :

- Les glucides représentent 55% à 65% de l'apport énergétique total, soit 5 à 10 g/kg/j [19] ;
- Les lipides représentent 25% à 30% de l'apport énergétique total [17], soit 1,5 à 1,7 g/kg/j [19] ;
- Les protéines représentent 12% à 16% de l'apport énergétique total [22], soit 1,2 à 1,7 g/kg/j [19];

1) Préparation à l'effort

a) Optimisation des réserves énergétiques

Afin de disposer de l'énergie nécessaire pour exploiter pleinement ses capacités lors de la course, le coureur se doit de préparer son organisme. Pour cela il est nécessaire de respecter un plan alimentaire. Le but de ce dernier est d'augmenter les réserves afin de prévenir l'épuisement des réserves énergétiques. Sur une épreuve de course à pied, et plus généralement une épreuve d'endurance, la fatigue correspond à un épuisement des réserves en glycogène. C'est pour cela que la grande majorité des sportifs d'endurance se doivent d'augmenter leurs réserves énergétiques à leur maximum, tant pour l'entraînement qu'avant une compétition.

Pour rappel, chez l'Homme, le glycogène correspond à la forme de stockage des glucides et les réserves de ce dernier sont faibles : 300 à 500 grammes pour le glycogène musculaire et 50 à 150 grammes pour le glycogène hépatique. Il a été démontré que les réserves en glycogène (hépatique et musculaire) sont suffisantes pour les efforts inférieurs à 90 minutes à 75% de la VO₂ max et que le taux de glycogène restant ne joue pas le rôle de facteur limitant sur la performance [17]. Cependant, pour les efforts d'une durée supérieurs à 90 minutes, plusieurs études confirment qu'une augmentation des réserves en glycogène via un régime enrichi permet une augmentation des performances, plus précisément une réduction de l'apparition de la fatigue et une augmentation du temps d'endurance [17].

Généralement la charge en glucides n'est pas associée à une augmentation de la vitesse de course globale mais au maintien du rythme de course. Un jeûne de 48 heures diminue de 80% le glycogène hépatique, *a contrario* un régime hyperglucidique pendant 24 heures permet d'accroître de 200% les réserves de glycogène hépatique [17].

Pour les courses d'une durée supérieure à 90 minutes, une source d'énergie complémentaire est utilisée : les lipides. Contrairement aux régimes hyperglucidiques, les régimes hyperlipidiques avant une course ne présente aucun intérêt chez le sportif

[17]. Cependant selon une récente étude, une supplémentation en oméga 3 présente plusieurs effets bénéfiques chez le sportif : augmentation de la synthèse de protéines musculaires, amélioration de l'endurance (l'EPA et DHA augmenterait la déformabilité des globules rouges ce qui faciliterait l'apport en oxygène aux muscles) et enfin l'amélioration de la récupération en diminuant l'inflammation générée par l'exercice musculaire.

De manière générale, le plan alimentaire des régimes avant une course doit respecter les points suivants [19]:

- Le régime doit être hyperglucidique afin d'accroître le stock en glycogène. Il est conseillé d'augmenter l'apport jusqu'à 8 à 10 g/kg/j.
- Les glucides à index glycémique bas doivent être favorisés car ils favorisent l'utilisation des lipides et permettent ainsi d'épargner le glycogène.
- Les lipides et protéines doivent être consommés en quantités habituelles.
- Les fruits et légumes jouent un rôle important du fait de leur richesse en vitamines et minéraux (potassium, magnésium, calcium), de leur index glycémique bas et de leur pouvoir alcalinisant.
- L'hydratation doit être optimale. La déshydratation est un facteur de diminution de performances. Il a été montré qu'une hydratation de 500 millilitres avant une course permet d'avoir une hydratation optimale permettant d'augmenter le débit sudoral tout en limitant les perturbations induites par le manque d'hydratation au cours de l'effort. Le statut minéral doit également être optimal afin d'éviter tous risques de crampes.
- Les apports en fibres doivent être diminués lors des trois derniers jours afin d'éviter les risques de diarrhées.
- Le dernier repas doit être facilement digéré. Ainsi il doit être pauvre en graisses et en fibres.

Historiquement, le pratiquant de course à pied se réfère au « régime dissocié scandinave » qui est un régime appliqué sur 7 jours précédant la course. Il se déroule en trois phases :

- Les trois premiers jours (J-6 à J-4) [19] : l'objectif est de diminuer les réserves glucidiques afin d'augmenter ultérieurement l'appétence des muscles pour les glucides et ainsi augmenter le stockage. La ration alimentaire inclut donc une baisse de glucides associée à un entraînement suffisamment intense afin de mobiliser le glycogène.
- La deuxième période de trois jours (J-3 à J-1) [19]: un entraînement épuisant sera mis en place afin d'épuiser le glycogène. Aussitôt l'entraînement terminé, le régime appliqué sera hyperglucidique. Il est conseillé de consommer 8 à 10 g/kg/j. Il faut limiter les fibres et les graisses afin de limiter le risque de troubles digestifs, maintenir un climat alcalinisant ainsi qu'un apport en vitamines et minéraux. Par la suite l'entraînement doit être léger ou stoppé.
- Jour de course [19]: Le dernier repas doit être consommé au minimum trois heures avant la course afin d'être bien digéré. Il doit être riche en glucides à faible index glycémique et faciles à digérer (limiter les fibres, les graisses et privilégier les aliments à séjour gastrique faible tel que les fruits, le riz, les pâtes ou les œufs). Les quantités recommandées sont de 1 à 2 g/kg de glucides et de 0,15 à 0,25 g/kg de protéines. Il faut continuer de bien s'hydrater. Dans les cinq dernières minutes avant le début de la course, il est possible de consommer une petite quantité de glucides à index glycémique élevé car le temps qu'il soit digéré, il peut être considéré comme consommé au cours de l'effort.

En parallèle de ce plan alimentaire visant à augmenter les réserves de glycogène sur 7 jours, deux alternatives existent également : une recharge sur trois jours et une recharge sur une journée seulement. Pour cela, le régime sera hyperglucidique, à raison de 8 à 10 g/kg/j, soit lors des trois derniers jours avant la compétition, soit seulement la veille.

Les aliments ingérés lors des trois dernières heures avant la course correspondent à la ration d'attente. Son but est de maintenir une hydratation optimale et maintenir la glycémie à son meilleur niveau tout en évitant l'hypoglycémie réactionnelle qui pourrait intervenir suite à la consommation d'un glucide à index glycémique élevé. L'ingestion d'un glucide à index glycémique élevé risque de provoquer une hyperglycémie qui va

entraîner une importante sécrétion d'insuline. Associé à l'effort physique, cette insulinémie élevée risque de provoquer une hypoglycémie réactionnelle néfaste pour les performances. C'est pourquoi il est recommandé de consommer des glucides à index glycémique bas lors du dernier repas avant le début de la course.

b) Compléments alimentaires

Les besoins en macro ou micronutriments sont habituellement couverts par une alimentation saine et équilibrée. Au fil des années les compléments alimentaires ont pris une place importante sur le marché officinal et leur usage chez le sportif s'est largement répandu. On retrouve ainsi des multitudes de complexes multivitaminiques, d'antioxydants ou encore de compléments censés améliorer les performances sportives. Ils sont appelés compléments ergogènes.

i. Les complexes multivitaminiques et antioxydants

L'apport de vitamines et minéraux est essentiel chez le sportif en vue de ses dépenses énergétiques importantes. Les compléments alimentaires multivitaminés sont donc un atout chez le sportif car ils représentent une facilité d'apport quotidien.

Ils ne doivent cependant pas substituer à une alimentation variée et équilibrée mais doivent la compléter. La plupart des spécialités retrouvées sur le marché pharmaceutique associent des vitamines avec des minéraux et des oligo-éléments. On retrouve par exemple NUTERGIA® Ergycébé, EAFIT® Granions 23 vitamines, NUTRIPURE® Multivitaminés, FORTE PHARMA® MultiVit'4G ou encore ARKOPHARMA® Azinc vitalité.

La prise de magnésium est également intéressante chez le sportif en raison de son activité neuromusculaire. Dans les compléments alimentaires il est souvent associé à la vitamine B6 (favorise le passage de la barrière intestinale) ainsi qu'à la taurine afin de faciliter son assimilation par les cellules musculaires. Il est à noter qu'il existe

plusieurs formes de magnésium et que les formes les plus biodisponibles sont les sels organiques et les formes chélatées tels que le bisglycinate de magnésium, le glycérophosphate de magnésium et le citrate de magnésium. Voici quelques spécialités : NUTRIPURE® Magnésium, SYNERGIA® D-Stess Booster, NUTERGIA® Ergymag ou encore EAFIT® Granions Magnésium 360mg.

L'usage de compléments alimentaires à base d'antioxydants est intéressant chez le pratiquant de course à pied régulier afin de limiter le stress oxydatif produit lors de l'effort. On retrouve ainsi des spécialités composées de vitamine C, vitamine E, de caroténoïdes, de sélénium ou encore de polyphénols [48]. Sur le marché officinal on peut notamment retrouver NHCO® NucléOx, PILEJE® Oxybiane, INOVANCE® antioxydant.

ii. Les acides aminés branchés ou BCAA

Ils représentent les acides aminés essentiels à chaîne ramifiée, c'est-à-dire la leucine, l'isoleucine et la valine. Ils sont dits essentiels car ils ne peuvent être produits par l'organisme et doivent donc être apportés soit par l'alimentation soit par la supplémentation. La consommation de BCAA permet de réduire la perception de la fatigue, les douleurs post-exercices et prévient la dégradation du glycogène musculaire. Selon une étude, l'apport de BCAA permettrait d'améliorer la performance sportive d'environ 3% [48].

La posologie recommandée est de cinq grammes par jour à répartir environ une heure avant et après l'effort. Elle est de 1 g/h au cours de l'effort [48].

Les spécialités de BCAA sont présentées sous formes de ratios 2 : 2 : 2 ou 4 : 2 : 1 ce qui signifie qu'un des acides aminés est plus présent que les deux autres. On retrouve par exemple NHCO® BCAA 2 : 1 : 1 ou encore EAFIT® BCAA 4 : 1 : 1.

iii. Les compléments ergogènes

Ils ont pour but d'améliorer l'utilisation de l'énergie et ainsi améliorer la performance sportive. Les produits cités sont considérés comme une aide ergogénique et sont conformes à la législation de compléments alimentaires.

◆ La L-Carnitine

C'est un acide aminé impliqué dans le transfert des acides gras du cytosol vers les mitochondries afin de produire de l'énergie.

La L-Carnitine est un nutriment permettant de déstocker, transporter et utiliser les acides gras à des fins énergétiques. Sa supplémentation chez le sportif d'endurance peut être intéressante afin de maximiser l'utilisation des lipides et donc préserver le glycogène, ce qui aboutit à une amélioration de l'endurance [48]. Il est recommandé de consommer 1500 mg de L-Carnitine environ 1h30 avant la séance de course. Cependant il a récemment été montré que la supplémentation de carnitine ne maximise pas l'utilisation des lipides et par conséquent n'améliore pas les performances sportives [17].

Exemples de produits retrouvés en officine : NHCO® Carnitine CoA, EAFIT® L-Carnitine, STC Carnitine Complex.

◆ La créatine

La créatine est un composé naturel de l'organisme dont sa forme phosphorylée, la créatine phosphate, intervient dans le métabolisme musculaire lors d'efforts courts et intenses. A raison de 20 à 25 g/j, la supplémentation de créatine chez le sportif permet d'augmenter les réserves de créatine phosphate et ainsi d'améliorer les capacités musculaires lors d'exercices de courtes durées, intenses et répétés [17]. Chez le pratiquant de course à pied, une supplémentation en créatine est donc uniquement intéressant chez le sprinteur et non pas chez le sportif d'endurance [48].

Exemple de produits retrouvés en officine : NUTRIPURE® Créatine, EAFIT® Pure Créatine ou encore NHCO® Créatine.

◆ **La glutamine**

La glutamine est un acide aminé dont les propriétés peuvent être intéressantes chez le coureur à pied régulier. En effet, une diminution de la glutamine au niveau musculaire est observée en cas de charge d'entraînement trop importante. La glutamine est utilisée lors de la synthèse de glucose et des protéines musculaires, et représente un substrat énergétique pour les macrophages et lymphocytes. Un apport de 0,1 à 0,3 g/kg va ainsi permettre de prévenir la sévérité des infections contractées lors de la course et va aider le sportif à récupérer plus rapidement [48]. En officine on retrouve par exemple NUTRIPURE® L-Glutamine, SYNERGIA® Glutaform, NHCO® Acide Aminé L-Glutamine ou encore EAFIT®L-Glutamine

2) **Pendant l'effort**

a) **Les nutriments indispensables**

Pour optimiser la performance sportive sans risquer de nuire à sa santé, plusieurs nutriments sont indispensables au sportif. L'alimentation au cours de l'effort n'est pas nécessaire pour des courses d'une durée inférieure à 90 minutes car le stock de glycogène est suffisant pour assurer l'énergie nécessaire.

Pour des courses supérieures à 90 minutes, il est alors nécessaire d'avoir recours à des apports d'énergie.

i. **Les fournisseurs d'énergie**

Lors d'un effort d'endurance, les glucides et les lipides sont consommés par les muscles afin de produire de l'énergie. Les proportions d'utilisations de ces nutriments utilisés varient en fonction de l'entraînement du sportif, l'intensité de l'activité et de sa durée. Plus le sportif sera entraîné, plus les lipides seront utilisés afin d'économiser le glycogène et ainsi augmenter l'endurance.

Plus l'activité est intense, plus les glucides sont utilisés. Plus l'effort dure dans le temps, plus la part de lipides augmente.

Il a été démontré que l'apport de glucides pendant l'effort permet de maintenir la performance [17]. Les glucides apportés continuellement au cours de l'effort seront consommés préférentiellement, ce qui permet d'économiser le glycogène et ainsi augmenter l'endurance. Une étude a notamment prouvé que l'apport de glucides au cours d'un effort à 70% de la VO₂ max a permis de prolonger la durée de l'effort d'une heure supplémentaire par rapport à un placebo [22]. Cet apport de glucides permet également de maintenir la glycémie à un taux permettant le fonctionnement optimal du cerveau (diminution de la fatigue, des erreurs de jugement et des défauts de coordination), de limiter la dépression immunitaire et les dégâts musculaires.

L'apport recommandé est de 50 à 60 grammes de glucides par heure pour améliorer la performance. Au-delà il y a un risque de troubles digestifs.

ii. Les vitamines et minéraux

La sueur étant composée d'eau et de minéraux, la transpiration induit des pertes sudorales de sodium (20 à 80 mmol/L), de potassium (4 à 8 mmol/L), de chlore et de fer [22]. Lors d'efforts prolongés, des carences minérales peuvent par conséquent être observées. La compensation des pertes sudorales par l'ingestion d'eau pure risque d'induire une hyponatrémie dans 50% des cas [22].

Par conséquent il a été démontré que l'apport de sodium dans les boissons réhydratantes était plus apte à corriger le déséquilibre hydrique et minéral en raison de son pouvoir de rétention de l'eau. Le sodium facilite ainsi l'absorption de l'eau mais également des glucides.

D'autres composés sont également intéressants à apporter lors de l'effort : la vitamine C permet de neutraliser les radicaux libres via son pouvoir antioxydant, les vitamines B1 et B6 via leur rôle dans le métabolisme des glucides (la vitamine B1 est obligatoire

dans les boissons de l'effort de fabrication française) et le magnésium permet de limiter les crampes [19].

iii. Les protéines

La consommation de protéines au cours de l'effort permet une moindre destruction du tissu musculaire ainsi qu'une meilleure reconstruction lors de la récupération. En effet l'exercice physique prolongé va induire des microlésions musculaires qui vont nécessiter une augmentation des flux de synthèse protéiques en vue de leur réparation.

Lorsque les protéines sont associées au glucose dans les boissons de l'effort, elles permettent l'amélioration de l'endurance. Mais les protéines ne sont que très peu présentes dans ce type de boissons [19]. Le rapport recommandé serait de 1 gramme de protéines pour 4 grammes de glucides.

b) L'hydratation

i. L'eau

Toute pratique physique produit de la chaleur qu'il faut évacuer, ce qui implique son évacuation via la transpiration.

Lors d'une activité physique et en particulier dans les sports d'endurance, le risque de déshydratation est important en raison de la transpiration. La déshydratation est source de baisse de performance et est également délétère pour la santé. On considère que dès 1% de perte de poids liée à la déshydratation, on perd 10% de ses capacités physiques et qu'à 2% on perd 20% de ses capacités physiques [19]. A partir de 2% de perte de poids, on observe une altération du système cardiovasculaire (diminution du volume sanguin, une accélération de la fréquence cardiaque), altération des facultés motrices et intellectuelles ce qui conduit à une baisse des performances et des capacités d'endurance.

Il est ainsi recommandé d'ingérer 200 millilitres de boissons hydriques toutes les 15 minutes [22], soit 500 à 800 millilitres d'eau par heure [19].

ii. Les boissons de l'effort

Sous peine de passer en état de déshydratation, il est important de s'hydrater tout au long de la course à raison de 200 millilitres toutes les 15 minutes [22]. Pour qu'une boisson soit correctement prise au cours de l'effort, elle doit régir à certaines caractéristiques telles que sa turbidité, son odeur, sa couleur et sa température qui peuvent satisfaire sensoriellement le sportif et ainsi accroître sa consommation. Au contraire, si elles ne lui correspondent pas cela va limiter sa consommation et donc son hydratation [17].

Les boissons de l'effort possèdent l'avantage de pouvoir apporter hydratation et énergie au sportif. Elles apportent de l'eau, des glucides ainsi que du sodium. Ces boissons participent activement à augmenter l'endurance et sont donc indispensables aux pratiquants de course à pied réalisant des courses de plus de 90 minutes.

Le choix d'une boisson de l'effort doit respecter certains critères (Fig. 14) :

- L'osmolarité : elle doit être isotonique ou légèrement hypotonique mais surtout pas hypertonique. Une solution est dite isotonique si elle présente la même concentration en particules osmotiquement active que le sang [19]. L'absorption d'une solution isotonique ou hypotonique sera favorisée [17]. *A contrario*, une solution hypertonique mettra plus de temps à quitter l'estomac ce qui engendrera des troubles digestifs (vomissements, douleurs, pesanteurs) et une baisse des performances.
- La teneur en glucides : elle doit se situer idéalement entre 60 et 80 grammes par litre pour pouvoir améliorer les performances sportives [19].
- La qualité des glucides : Le choix des glucides est important. Il faut privilégier les glucides à index glycémique élevé. Certaines boissons de l'effort associent différents glucides tels que le glucose, la maltodextrine, le fructose ou le saccharose. La maltodextrine est en réalité un polymère constitué de plusieurs molécules de glucose. Habituellement, le glucose (ou maltodextrine) et le

fructose sont associés car ils utilisent des voies de pénétration cellulaires différentes et cela permet d'augmenter la production d'énergie [17].

- Les électrolytes : les recommandations sont de 500 à 700 milligrammes de sodium par litre d'eau [19]. On peut éventuellement retrouver du potassium, et du magnésium.
- Le goût : une boisson au goût agréable pour le sport favorisera sa consommation [17].
- Les protéines : les recommandations sont d'un gramme de protéines pour quatre grammes de glucides, soit environ 17,5 grammes par litre de boisson. Lors d'une course de longue durée, l'organisme va utiliser les acides aminés branchés afin de produire de l'énergie. Un apport de protéines ou de BCAA va ainsi permettre à l'organisme de limiter l'utilisation de BCAA ou de protéines endogènes.
- Le pH : Il est recommandé d'éviter les boissons acides, le pH doit donc dépasser 5,5 [19].
- Les vitamines : La présence de vitamine B1 est obligatoire en France. Il s'agit majoritairement des vitamines B qui interviennent dans le métabolisme des protéines, des glucides, des lipides et dans la production d'énergie. La vitamine C est également présente vu son rôle d'antioxydant [19].
- La température : elle doit être comprise entre 5 et 15 °C [19]. Plus une boisson est consommée fraîche, plus la vidange gastrique sera rapide, ce qui limite la sensation de pesanteur et améliore le confort intestinal.

En pharmacie, il existe une multitude de produits disponibles : EAFIT® boisson énergétique -3h, NUTERGIA® Ergysport Effort, PILEJE® Hyprosport Effort ou encore STC® VO2 max.

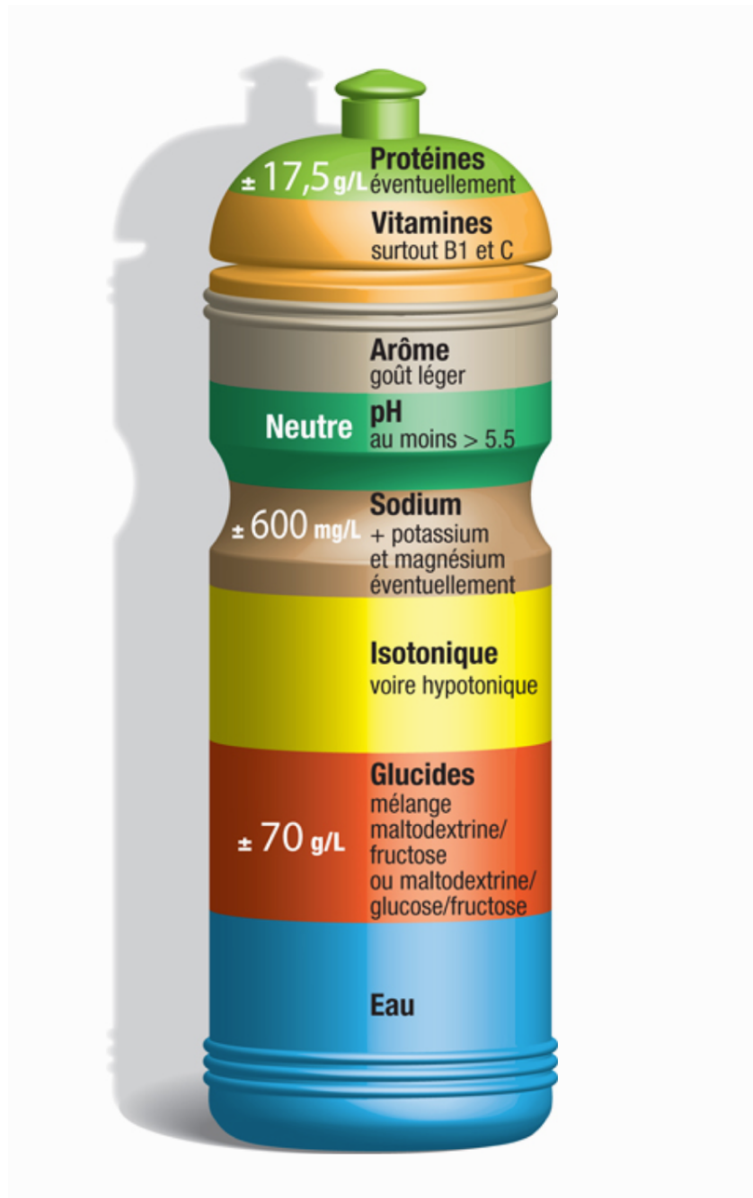


Figure 14 : Composition d'une boisson de l'effort [19].

c) Les aliments solides

i. Les gels énergétiques

Ils ont l'avantage d'être facile à transporter, à consommer et d'être aussi efficaces que les boissons dans l'apport de glucides. Les gels énergétiques sont habituellement présentés sous formes de dosettes de 30 grammes.

Afin d'assurer une disponibilité rapide aux muscles, les gels apportent des glucides à index glycémique élevé.

Chaque dosette de 30 grammes est composée en moyenne de 23 grammes de glucides. Cependant ils apportent peu de sodium, 9 à 10 grammes habituellement. On peut également retrouver la présence de magnésium pour éviter les crampes, d'acides aminés, de caféine ou de guarana afin d'avoir un effet stimulant. Ces gels sont très concentrés et doivent être consommés avec de l'eau (environ 200 millilitres) afin d'éviter tous risques de troubles digestifs.

ii. Les barres énergétiques

Tout comme les gels, elles ont l'avantage d'être facile à transporter tout en assurant un apport de glucides important et ainsi fournir de l'énergie. L'inconvénient est qu'elles nécessitent de mâcher, ce qui peut être parfois compliqué lors de la course à pied. Ces barres sont de tailles et compositions variables. Elles pèsent en moyenne 30 grammes et sont composés de 23 grammes de glucides à index glycémiques élevé. Elles ne doivent pas contenir de lipides pour faciliter la digestion. D'autres nutriments peuvent être retrouvés comme les vitamines B, des protéines ou encore de la caféine.

3) Récupération

Suite à un effort important, la récupération est importante pour que le corps puisse se régénérer. Plusieurs éléments sont à prendre en compte afin de favoriser la récupération.

Lors de la récupération, l'alimentation aura pour but de compenser les pertes liées à l'effort.

Il sera alors important de restaurer les stocks de glycogène. La diminution du glycogène faisant suite à l'effort prolongé stimule l'activité des voies métaboliques de glycogénosynthèse pendant la phase de récupération [17]. Après une course épuisante, les cellules musculaires sont dans une situation idéale pour reconstituer les réserves de glycogène. Le nombre de récepteurs musculaires au glucose est majorée et leur sensibilité est augmentée, l'appétence des récepteurs musculaires pour le glucose est ainsi majorée.

De plus, le nombre d'enzymes impliquées dans la reconstitution du stock de glycogène musculaire est également augmenté. L'efficacité est optimale si les glucides sont consommés dans les 30 minutes qui suivent la séance. Les glucides sont de préférence à index glycémique élevé afin de maximiser la fenêtre métabolique. L'apport en glucides recommandé lors de la récupération est de 1g/kg/h toutes les deux heures pendant 4 à 6 heures et dès l'arrêt de la course.

L'apport de protéines en phase de récupération est également important car elles favorisent la réparation des lésions musculaires dû à l'exercice ainsi que la reconstruction musculaire. L'apport recommandé est l'équivalent d'un quart à un tiers du poids des glucides. Il a été démontré qu'un apport protidique dans les boissons glucidiques présente un avantage dans la récupération. La leucine peut également avoir un effet supplémentaire dans la récupération lorsqu'elle est associée aux protéines et aux glucides.

Les glucides et les protides ne sont pas les seuls à intervenir, d'autres nutriments sont nécessaires. L'eau et le sodium sont indispensables pour la réhydratation. La réhydratation et la restauration en électrolytes est indispensable pour compenser les pertes liées à la transpiration. L'effort physique va faire baisser le pH. Pour cette raison, un apport de bicarbonates et d'aliments alcalinisant vont permettre de corriger le pH. Certains minéraux et vitamines sont intéressants comme par exemple le magnésium pour réduire la fatigue musculaire, les vitamines B ou encore la vitamine C pour lutter contre les radicaux libres créés au cours de l'effort.

Pour faciliter la récupération du sportif, plusieurs boissons de récupération existent sur le marché. En pharmacie on retrouve ainsi EAFIT® Boisson Post Effort, STC® Recup Max, PILEJE® Hyprosport Récupération ou encore NUTERGIA® Ergysport Regen'.

2. Les principales pathologies de la course à pied

1) Les affections traumatiques

Du fait de son accessibilité, la course à pied est devenue l'une des activités sportives les plus populaires avec près de 13 millions de pratiquants en 2020. Le nombre de pratiquants et le nombre d'évènements ont fortement augmentés ces dernières années car c'est une pratique qui peut-être peu coûteuse et qui ne nécessite que peu de matériel. De plus, la mise en avant de l'activité sportive auprès de la population en fait un premier choix pour atteindre une bonne forme physique et une réduction des facteurs de risques de comorbidités.

Malgré tous les avantages et bénéfices de la course à pied, cette pratique est sujette à de nombreuses blessures. Elles peuvent être classées en fonction de leur localisation (Fig. 15).

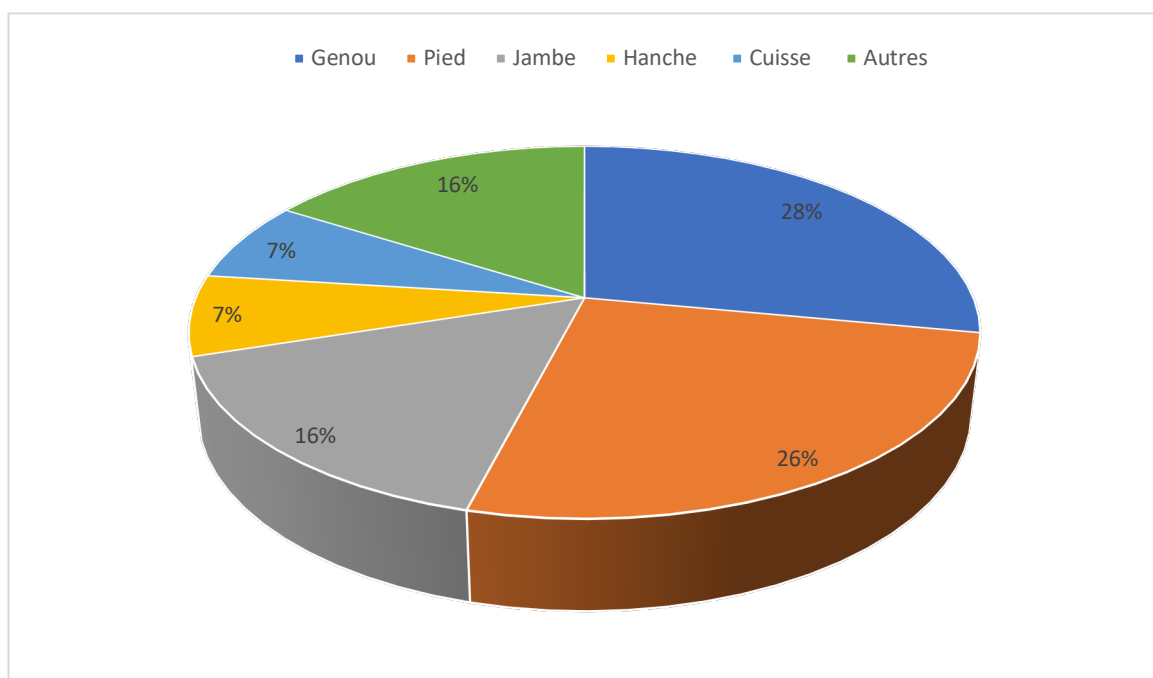


Figure 15 : Localisation des principales pathologies en course à pied.

Les blessures engendrées par la pratique de la course à pied sont principalement localisées au niveau des membres inférieurs (84%) avec une localisation préférentielle au niveau des genoux et des pieds.

Sur une étude réalisée en 2019 [49], les principales pathologies liées à la pratique de la course à pied sont situées au niveau du genou (28%), du pied (26%), de la jambe (16%), de la cuisse (7%), de la hanche (7%) et au niveau du membre supérieure (16% correspondant à « autres » sur le graphique).

Cette localisation plutôt inférieure est confirmée lorsque l'on regarde les pathologies les plus courantes chez les coureurs. En effet, selon une revue systématique réalisée en 2021 [50], chez les non ultra-marathoniens (toutes courses de moins de 42,195 km), les dix pathologies les plus rencontrées en course à pied sont :

- Syndrome femoro-patellaire (16,7%) ;
- Syndrome de stress tibial ou périostite (9,1%) ;
- Fasciite plantaire (7,9%) ;
- Syndrome de la bande ilio-tibiale (7,9%) ;
- Tendinopathie d'Achille (6,6%) ;
- Fractures de fatigue (5,7%) ;
- Entorse de la cheville (5,7%) ;
- Tendinopathie du quadriceps et des ichios-jambiers (3,6%) ;
- Tendinopathie rotulienne (2,9%) ;
- Lésions méniscales (1,7%).

On peut constater que ces dix pathologies comptabilisent à elles seules 67,8% des blessures en course à pied. D'autres pathologies sont également rencontrées (troubles digestifs, troubles dermatologiques...) mais nous allons ici nous concentrer sur ces 10 blessures qui représentent de deux tiers des blessures en course à pied.

a) Le genou

i. Syndrome fémoro-patellaire

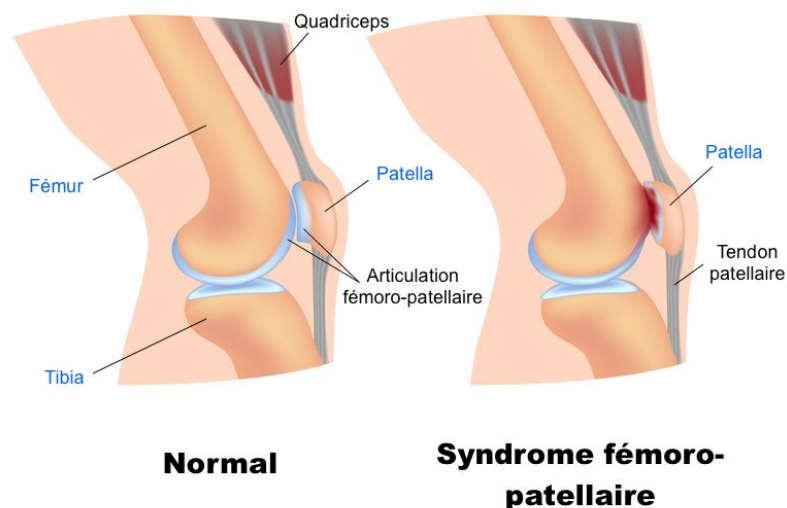


Figure 16 : Syndrome fémoro-patellaire.

Également surnommé « runner's knee » (genou du coureur), le syndrome fémoro-patellaire est la pathologie la plus fréquente dans la course à pied [51]. C'est une irritation de l'articulation du fémur et de la patella (rotule) (Fig. 16). La symptomatologie est une douleur ressentie autour ou à l'arrière de la rotule lors d'exercices de charge en position genou fléchi. La palpation est douloureuse. Dans la pratique de la course à pied, ce syndrome peut survenir lors de séances de vitesse, de côtes, ou de longues sorties.

Dès les premiers symptômes, il est conseillé de stopper les activités douloureuses comme les séances de courses citées précédemment, mais également les squats et limiter les escaliers. Un bandage neuro-proprioceptif (bande de kinésiologie Uργο®, Leukotape®) peut permettre de soulager la douleur.

Le traitement repose essentiellement sur de la rééducation avec un kinésithérapeute. Ce dernier va insister sur la modification de la foulée en augmentant la cadence de course, un renforcement des muscles fessiers et du quadriceps. Augmenter la fréquence des pas permettrait, en effet, de réduire les charges fémoro-patellaire à chaque foulée. [51]

ii. Syndrome de la bandelette ilio-tibiale

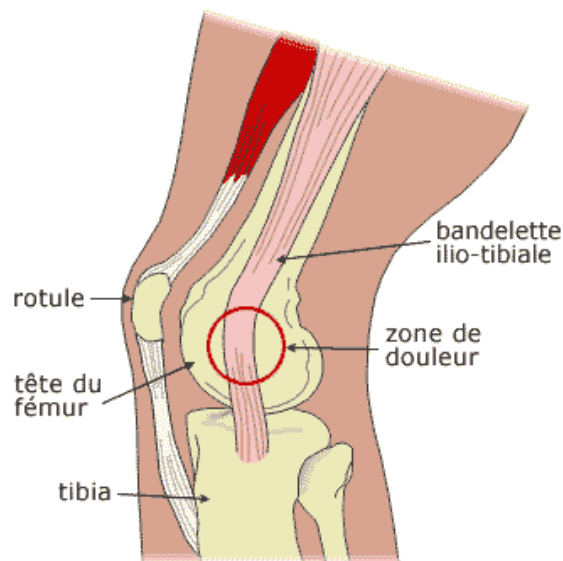


Image 17: Syndrome de la bandelette ilio-tibiale

Également nommé le syndrome de l'essuie-glace, cette pathologie est une affection caractéristique chez les pratiquants de course à pied. La bandelette ilio-tibiale est un épais fascia présent sur la face externe de la cuisse et qui relie la hanche à la partie supérieure externe du tibia (Fig. 17).

Lors de la course, les mouvements répétés de flexion-extension du genou sont responsables de forces compressives au niveau de ce fascia sur l'épicondyle fémorale, ce qui engendrent des microlésions des fibres de collagènes. La zone d'impact maximal est aux alentours de 30° de flexion du genou.

Cela aboutit à une réaction inflammatoire (d'où le nom de tendinite de la bandelette ilio-tibiale) qui touche parfois la bourse séreuse située entre la bandelette et le condyle. Cette inflammation se manifeste notamment lors du surentrainement lorsque le stress relatif à cette répétition de flexion-extension du genou excède la tolérance des tissus.

Cette affection se traduit par des douleurs du compartiment externe du genou qui peuvent irradier jusqu'à la face externe de la cuisse. La douleur apparaît après plusieurs kilomètres de course et s'accroît en terrains vallonnés ou sur des surfaces non planes. Ces douleurs surviennent lors d'une augmentation de la distance ou par l'allongement de la foulée. Par la suite, les douleurs sont de plus en plus précoces et gênantes dans la vie quotidienne comme pour les escaliers ou la station assise prolongée.

Le traitement repose sur un arrêt de la course à pied d'environ 3 semaines [52]. L'injection de corticoïdes, la kinésithérapie avec l'étirement de la bandelette ilio-tibiale, des massages transverses profonds, l'électrostimulation et des exercices de renforcement des muscles fessiers et des abducteurs de hanche ont également fait preuve d'efficacité [53]. L'avis quant à l'utilisation de la glace est controversé car elle amplifierait la raideur et la douleur [54]. La chirurgie peut être nécessaire en cas d'échecs de ces traitements. La reprise de la course doit se faire de manière progressive en ajoutant 1 minute de marche toutes les 1 à 9 minutes de course, en évitant les courses en descente de côtes. Un bandage neuro-proprioceptif (*taping*) ou le port d'une genouillère adaptée (RK 1 TFL ZAMST®) peut également s'avérer efficace en prévenant les frottements de la bandelette ilio-tibiale sur le condyle fémoral.

La prévention repose sur une modification du type d'entraînement avec un échauffement progressif et des étirements, une adaptation du terrain, des chaussures adaptées et une amélioration de la technique de course.

iii. Tendinopathie rotulienne

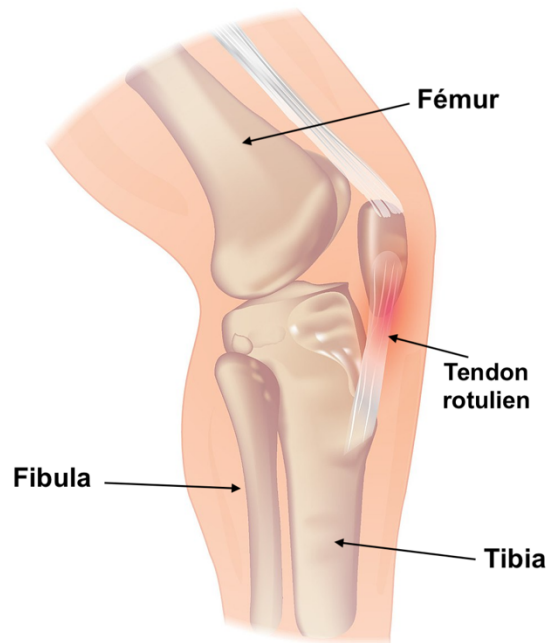


Figure 18 : Tendinopathie rotulienne.

Le tendon rotulien s'insère de la pointe de la rotule jusqu'à la tubérosité tibiale antérieure et relie donc la rotule au tibia (Fig. 18). Cette pathologie correspond à de micro-déchirures au niveau du tendon rotulien et s'installe de manière progressive suite à une surutilisation du tendon rotulien, notamment lors des activités sportives nécessitant des mouvements tels que le saut, l'accélération, la décélération et les changements de direction. A mesure que la dégénérescence du tendon se poursuit, une tendinopathie chronique s'installe et la structure tendineuse devient irrégulière et épaissie [55].

Plusieurs facteurs favorisant cette pathologie ont été démontrés [55] :

- Laxisme ligamentaire ;
- Oppression des quadriceps et des ischio-jambiers ;
- Hauteur anormale de la rotule ;
- Volume et fréquence d'entraînements excessifs ;
- Dureté du sol ;
- IMC trop important.

La douleur se situe au niveau de la rotule et/ou sous la rotule et s'accroît lorsque le terrain présente des irrégularités (montées, descentes). Il existe plusieurs stades de douleur selon la classification de Blazina [55] :

- Stade 1 : Douleur après l'effort survenant au repos, sans répercussion sur l'exercice ;
- Stade 2 : Pas de douleur après l'échauffement. La douleur survient plus tard au cours de l'effort ;
- Stade 3 : La douleur est permanente au cours de la course entraînant son arrêt ;
- Stade 4 : Rupture du tendon.

A ce jour il n'y a pas de consensus sur le traitement de cette pathologie. Cependant, plusieurs traitements ont fait preuve d'efficacité [52] [55] :

- Traitement symptomatique pour diminuer les douleurs : repos relatif, il est possible de continuer certaines activités sportives à conditions que la douleur soit absente. La cryothérapie, les anti-inflammatoires locaux, les massages transverses profonds, les ondes de chocs et les étirements seraient également efficaces. Une contention par bande adhésive (*taping, strapping*) en U inversé peut permettre de soulager le tendon rotulien de même qu'une genouillère adaptée (Donjoy Reaction®) ;
- Renforcement musculaire des quadriceps de manière excentrique ;
- Une préparation physique adéquate, associée à une amélioration de l'hygiène de vie : nutrition, hydratation et sommeil de qualité. Une reprise progressive et une évaluation du terrain au préalable de la course ;

En cas d'échecs de ces traitements, la chirurgie n'est indiquée qu'après six mois de kinésithérapie.

iv. Les lésions méniscales

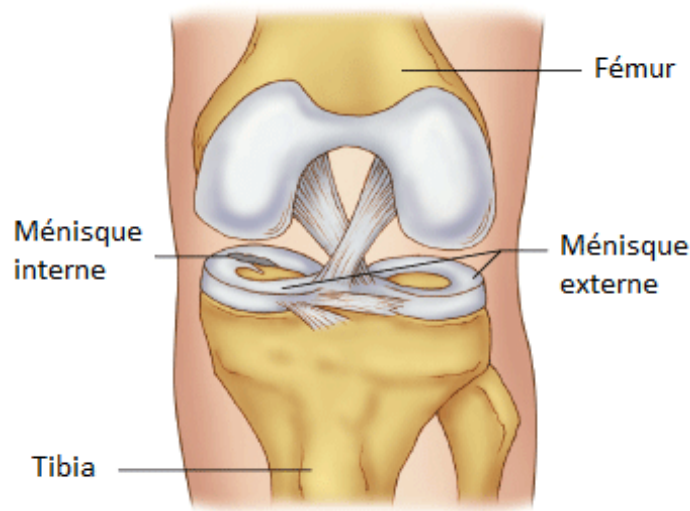


Figure 19 : Face arrière d'un genou représentant les ménisques.

Les ménisques sont localisés entre le fémur et le tibia et sont au nombre de deux : un médial (ou interne) et un latéral (ou externe) (Fig. 19). Chaque ménisque, en forme de demi-lune, a deux insertions (corne antérieure et postérieure) et ont pour rôle d'augmenter la congruence des surfaces articulaires du fémur et du tibia. Leurs absences augmentent les contraintes sur l'articulation et favorise l'arthrose.

Parmi les sportifs, les plus touchés sont les hommes pratiquants le football, le tennis, le ski ou le rugby, avec un âge moyen de 30 à 35 ans [52]. Il existe trois types de lésions :

- Les lésions méniscales dégénératives : Ces lésions résultent de forces normales répétitives sur un ménisque usé ;
- Les lésions méniscales traumatiques : Ces lésions concernent les sportifs blessés lors d'un mouvement avec une force de compression élevée comme, par exemple, la transition soudaine d'une hyperflexion et extension complète ;
- Les lésions méniscales congénitales : Dans ce cas, il s'agit d'une anomalie de naissance. Bien souvent, le ménisque est en forme de disque au lieu de sa

forme naturelle en croissant. Lorsque le ménisque est sous forme de disque, il se retrouve alors coincé et écrasé entre le fémur et le tibia.

La douleur est localisée dans un seul compartiment du genou, soit en interne soit en externe, et son trajet est horizontal sur l'interligne. Elle peut être associée à des blocages traduisant une limitation articulaire mais ces derniers ne sont présents que dans 50% des cas. Suite au blocage, une hydarthrose réactionnelle apparaît (accumulation de liquide synovial dans la cavité articulaire). La symptomatologie décrit également des craquements ou des ressauts lors de flexions-extensions de faible amplitude, avec la sensation de corps étrangers dans le genou.

Le but du traitement est de rétablir la fonction du genou en limitant les risques secondaires de survenue d'arthrose. Le traitement médical permet de soulager les conséquences douloureuses avec des antalgiques ou des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS). Une mise au repos sportif sans immobilisation stricte est nécessaire. La chirurgie (méniscectomie, réparation méniscale, suture) est recommandée pour les patients de moins de cinquante ans ou chez les patients en bonne condition physique. Elle sera suivie de rééducation avec des exercices de renforcement musculaire et de proprioception du genou.

b) Le pied

i. Fasciite plantaire

La fasciite plantaire, également nommée aponévrosite plantaire, est une des blessures du talon les plus courantes chez le pratiquant de course à pied qui atteint le fascia plantaire.

Le fascia plantaire, ou aponévrose plantaire, est une épaisse bande fibreuse de tissu conjonctif qui relie le talon jusqu'à l'avant pied (du calcanéum à la partie distale des métatarses [56]) (Fig. 20). Lors de la marche ou de la course, son rôle est de maintenir la cambrure du pied et de soutenir l'arc longitudinal du pied.

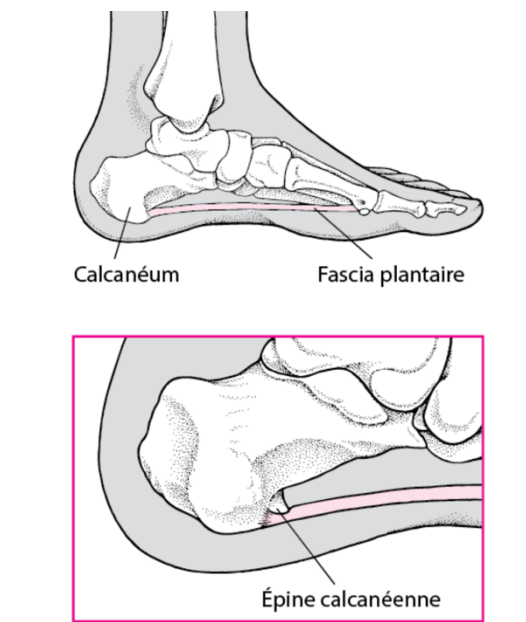


Figure 20 : Fasciite plantaire et épine calcanéenne [57].

Lors du mouvement de course, le fascia plantaire absorbe la force qu'engendre le sol sur le pied (force de réaction du sol, 3^{ème} loi de Newton). De ce fait, la sollicitation accrue de l'aponévrose lors d'entraînements intensifs répétés ou non adaptés à la condition physique du coureur peut engendrer des déchirures de cette dernière, responsables de la douleur en phase aiguë. Si la douleur devient chronique, une petite excroissance osseuse peut survenir au niveau du talon ; elle est appelée épine calcanéenne ou épine de Lenoir. Elle apparaît à l'insertion du fascia au niveau du calcaneum (Fig. 20).

Des facteurs de risques ont également été mis en évidence [56] [57]:

- Des chaussures inappropriées ;
- Le surentrainement ;
- Des pieds creux ou des pieds plats ;
- Les personnes sédentaires ;
- L'obésité ;

- Les personnes atteintes de pathologies inflammatoires tels que la polyarthrite rhumatoïde ;
- Une mauvaise posture du pied ;
- Une rigidité du fascia plantaire.

La symptomatologie décrit une douleur au niveau de l'aponévrose plantaire mais plus généralement au niveau de l'insertion du fascia sur le talon (calcanéum). La douleur a une intensité supérieure le matin lorsque le pied est mis en charge et doit supporter le poids de corps. La douleur s'estompe en quelques minutes mais peut réapparaître plus tard dans la journée. La douleur augmente durant la course du fait que le talon est soulevé du sol et irradie de la partie inférieure du talon jusqu'au orteils.

Le traitement repose sur les éléments suivants :

- A l'apparition des symptômes, arrêt des activités qui sont responsables des douleurs telles que la course ou la marche ;
- L'injection de corticostéroïdes. L'administration *per os* d'AINS dans la réduction de la douleur n'est plus indiqué du fait qu'il a été prouvé que la fasciite plantaire n'est non pas une inflammation mais une pathologie dégénérative [56] ;
- De la kinésithérapie : les massages et les étirements permettent d'accélérer la guérison ;
- Cryothérapie ;
- Le port d'orthèses et d'attelles nocturnes permettent de soulager la douleur et de réduire les sollicitations du fascia plantaire ;
- Un bandage type *strapping* ou *taping* ;
- La perte de poids si nécessaire ;
- Un choix de chaussures adéquates avec plus d'amorti, plus rigides et un drop augmenté. Le drop correspond à la différence de hauteur entre le talon et l'avant-pied.

Le rétablissement complet de la fasciite plantaire est très long et peut durer jusqu'à deux ans.

ii. La tendinopathie achilléenne

C'est la tendinopathie du pied la plus fréquemment rencontrée dans la course à pied.

Le tendon d'Achille est le tendon le plus gros et le plus puissant de l'organisme. Il permet de faire le lien entre le triceps sural et le calcanéum. La contraction du triceps sural entraîne une traction sur le tendon, ce qui provoque une flexion plantaire et donc une propulsion lors de la course (Fig. 21).



Figure 21 : Tendinopathie d'Achille [58].

La tendinopathie d'Achille est due à une répétition de microtraumatismes dans le cas d'une surutilisation du tendon ou de surcharge. L'équilibre entre les capacités de résistance du tendon et les contraintes qu'il subit est alors perdu. De plus, le tendon est faiblement vascularisé et le taux de renouvellement de collagène est faible. Dans le cadre d'un surentrainement ou d'intervalle insuffisant entre les courses, les capacités de renouvellement et de guérison sont dépassés.[59] Le tendon est alors atteint. Cette atteinte du tendon peut être décrite en trois phases :

- La surcharge du tendon entraîne une réponse non inflammatoire avec épaissement du tendon, c'est la phase réactive ;
- Une hyper vascularisation se met en place associée à un changement de la matrice extracellulaire, c'est la phase nommée « *tendon dysrepair* » ;

- Enfin, ces modifications cellulaires aboutissent à la présence de zones acellulaires, de cellules apoptotiques et à une matrice extracellulaire modifiée. Cela aboutit à une tendinopathie dégénérative et un terrain favorable à une rupture tendineuse.

Des facteurs de risques ont été mis en évidence :

- Une surutilisation du tendon d'Achille ;
- Modification d'entraînements avec augmentation de l'intensité ou de la fréquence ;
- Terrains dur, exercices de sauts ... ;
- Chaussures non appropriées avec un contrefort arrière traumatisant ;
- Patient sédentaire ;
- Troubles statiques (défaut d'alignement de la cheville, hyper-pronation) qui entraînent des contraintes plus intenses ;
- La consommation de médicaments (Fluoroquinolones, Glucocorticoïdes, Statines).

La symptomatologie décrit une douleur postérieure dont l'apparition est d'ordre chronologique. Initialement, les douleurs sont présentes en début de séance, puis disparaissent après l'échauffement. Par la suite, les douleurs sont présentes tout au long de l'exercice pour enfin être présentes dans la vie quotidienne [52].

L'examen clinique recherche la triade douloureuse typique de toute tendinopathie : douleur à la contraction (montée sur la pointe des pieds et sautilllements sur place), douleur à l'étirement (dorsiflexion de la cheville en actif ou en passif) et douleur à la palpation.

Le traitement de la tendinopathie d'Achille vise à mettre le tendon au repos et supprimer les facteurs de risques. On peut noter trois types de traitement, tous indispensables [52]:

- Un traitement symptomatique visant à supprimer les douleurs : Repos sportif allant de 1 à 4 mois, cryothérapie locale, anti-inflammatoires locaux, port de talonnettes viscoélastiques (Sorbothane®, Podiane®) ;
- De la kinésithérapie : Massage transverse profond, renforcement du triceps sural de manière excentrique, travail d'équilibre du système suro-achilléo-calcanéo-plantaire ;
- Suppression des facteurs responsables de la blessure et amélioration de l'hygiène de vie : Chaussures adéquates, entraînements adaptés, préparation physique, nutrition et hydratation.

Si cela échoue, une intervention chirurgicale peut être envisagée après six mois de traitement médical et kinésithérapique bien conduit.

c) Jambe

i. Syndrome de stress tibial

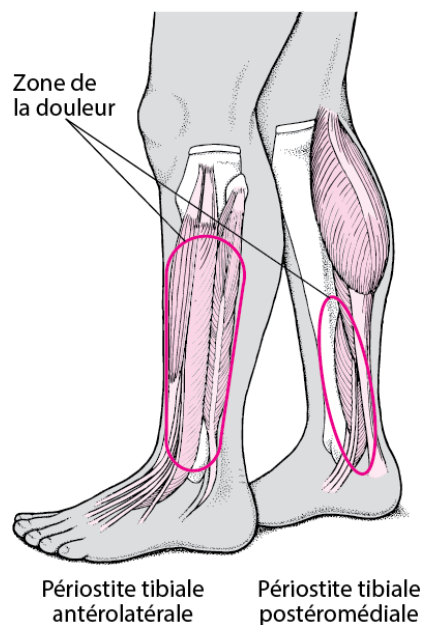


Figure 22 : Syndrome de stress tibiale.

Également appelé « *périostite* » ou encore « *shin plints* », cette blessure correspond à une inflammation du périoste au niveau tibial (Fig. 22). Il s'agit d'une affection très

populaire chez les coureurs dont la douleur se situe à la face antéro-interne ou au bord interne du tibia [52].

Le périoste est une couche de tissu conjonctif qui vient recouvrir les os sauf au niveau articulaire. Il est innervé et vascularisé contrairement à l'os [60]. Il assure la croissance en épaisseur de l'os.

La physiopathologie est encore controversée mais il semblerait que les muscles postérieurs de la jambe (jambier postérieur ou fléchisseur commun des orteils, voire soléaire) exerceraient des contraintes anormales au niveau de l'os, et donc une hyper-sollicitation.

Il existe un certain nombre de facteurs favorisants [52] :

- Courses de longue durée, surfaces dures ou synthétiques (piste d'athlétisme), surmenage et périodes de compétitions ;
- Chaussures inadaptées à la morphologie du pied : mauvais serrage antérieur, coque talonnière trop large, semelles inadaptées à la surface ;
- Facteurs individuels : Troubles statiques du pied (pied plat valgus, pied creux), rotation externe de la hanche ;
- Défaut technique de course avec hyper-pronation du pied.

La symptomatologie décrit une douleur au niveau du tiers moyen du bord interne du tibia. Dans 50% des cas, la douleur est bilatérale. Elle survient seulement au cours de l'exercice et s'estompe au repos. La palpation est également douloureuse.

Concernant le traitement, un repos sportif est imposé, allant de 15 jours à 2 mois pour les cas les plus longs. Une correction des facteurs de risques est nécessaire pour la reprise sportive avec, notamment, un port de chaussures adéquates, une reprise progressive avec un terrain adapté. La cryothérapie et l'application locale d'anti-inflammatoires sont également efficaces. Les exercices de kinésithérapie seront composés d'étirements progressifs des muscles douloureux, d'une correction des troubles statiques et une amélioration de la technique de course [52].

ii. Entorse de la cheville

L'entorse de la cheville est la blessure la plus rencontrée en traumatologie du sport. En effet, le poids de corps exerce une force considérable sur la cheville ce qui la fragilise et la rend plus vulnérable c'est par conséquent l'articulation la plus sujette aux entorses.

La cheville est composée de trois ligaments :

- Le ligament latéral externe (LLE) ;
- Le ligament latéral interne ;
- Deux ligaments tibio-fibulaires.

Dans la grande majorité des cas, c'est le ligament latéral externe qui est touché. Il est composé de trois faisceaux : faisceau antérieur, le faisceau moyen et le faisceau postérieur (Fig. 23).

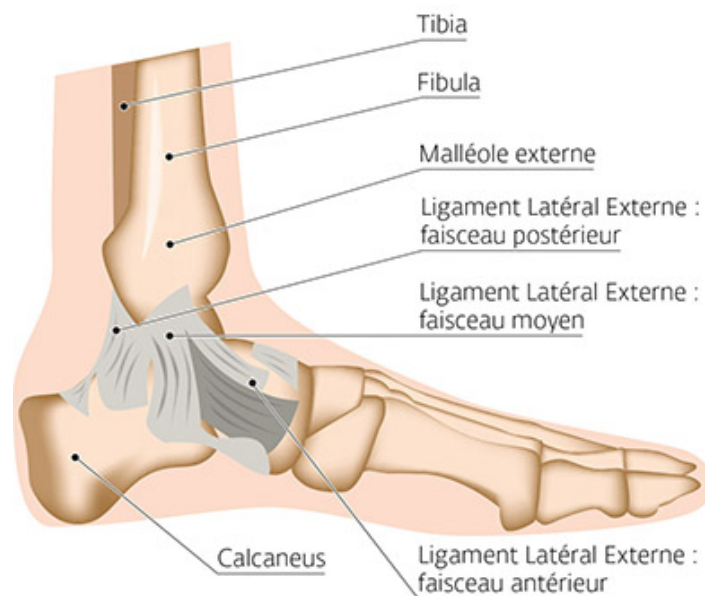


Figure 23 : Anatomie de la cheville.

La gravité de l'entorse est conditionnée par le nombre de faisceaux lésés. Le faisceau antérieur étant le plus fragile, c'est par conséquent le ligament le plus lésé. Il est, pour cette raison, surnommé « le ligament de l'entorse » [52].

Les lésions se font d'avant en arrière : en premier lieu le faisceau antérieur, puis le faisceau moyen et ensuite le faisceau postérieur.

L'atteinte du ligament latérale externe résulte d'un traumatisme en varus (torsion du pied vers l'intérieur) de manière intense. La torsion du pied vers l'extérieur entraîne une entorse du ligament médial (Fig. 24).

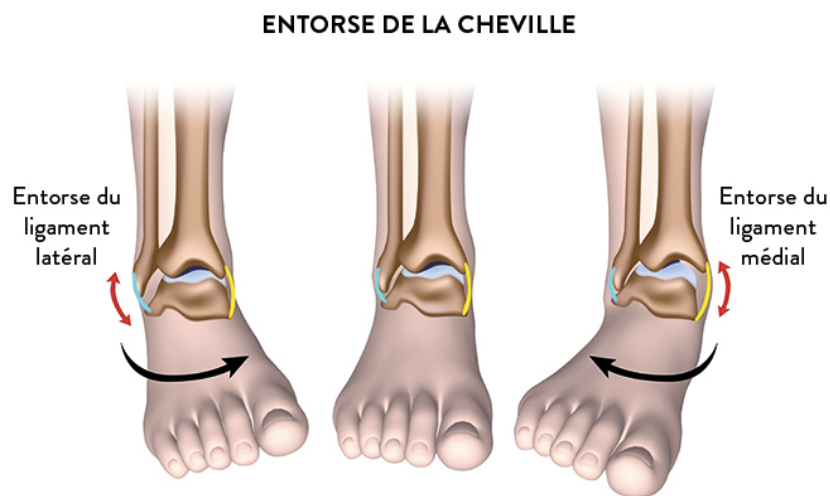


Figure 24 : Entorse de la cheville [61].

Les entorses du ligament latérale externe sont classées en trois catégories, basées sur les dégâts anatomiques [52] :

- Stade 1 : Entorse bénigne : Simple distension ligamentaire n'altérant pas la stabilité de l'articulation. La douleur et le gonflement sont modérés et l'articulation conserve sa mobilité ;
- Stade 2 : Entorse de gravité moyenne : Correspond à une rupture du faisceau antérieur et de la capsula antérieure ;
- Stade 3 : Entorse grave : Correspond à la rupture du faisceau antérieur, également du faisceau moyen, voire de l'intégralité du ligament latérale externe associé à d'autres lésions osseuses ou capsulaires.

Lors d'entorses moyenne ou grave, la douleur est vive et intense. Un craquement peut être entendu. Le pied présente un œdème accompagné d'ecchymose. La cheville perd alors sa mobilité, sa stabilité et le sujet ne peut se tenir debout sur le pied douloureux.

Les facteurs prédisposant sont définis comme des facteurs qui augmentent le risque d'entorse du ligament latéral externe.

Ces facteurs sont [62] :

- Facteurs intrinsèques :
 - o Amplitude de dorsiflexion de cheville limitée ;
 - o Proprioception réduite et déficience de contrôle postural ;
 - o Sexe féminin ;
 - o Grande taille ;
 - o Configuration de l'articulation de la cheville, anomalies anatomiques de l'alignement de la cheville et du genou, posture du pied.

- Facteurs extrinsèques :
 - o Sport pratiqué ;
 - o Surface irrégulière (ex : le gazon naturel est plus enclin à provoquer des entorses qu'une surface synthétique) ;
 - o Chaussures inadaptées à la course à pied.

Quel que soit le stade de l'entorse, en première intention, il faut appliquer le protocole POLICE [63] :

- **P**rotection : Si poser le pied est douloureux, l'utilisation d'une attelle et d'une paire de cannes anglaises est nécessaire ;
- **O**L (Optimal Loading) : Commencer la rééducation dès que possible ;
- **I**ce : Application de glace par des sessions de 20 minutes ;
- **C**ompression : Mise en place d'une contention élastique par une attelle ou un bandage adhésif ;
- **É**lévation : Surélevez le membre douloureux en position assise ou couchée.

Une fois le diagnostic établi de manière plus précise, le traitement doit être adapté en fonction du stade de l'entorse, et donc de manière adaptée aux faisceaux lésés tout en tenant compte du contexte sportif [52] :

- Entorses bénignes : L'évolution est favorable en quelques jours. Le traitement comporte une prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) sur 2-3 jours, l'application locale de glace 4 à 6 fois par jour pendant 20 min associée à des massages circulatoires. Une contention adhésive par *strapping* ou une contention par une attelle de type MalleoAction ® ou Ligastrap ® de chez Thuasne pendant 10 jours associée à une mobilisation de l'articulation permet une reprise sportive en 10 à 15 jours ;
- Entorses moyennes : La douleur et l'inflammation nécessite une prise d'anti-inflammatoires par voie générale pendant quelques jours. Une immobilisation par une attelle semi rigide amovible ou stabilisatrice de type Aircast (Ligacast ® de chez Thuasne) et une décharge du pied par l'utilisation de cannes anglaises est nécessaire. Elle permet les mouvements de flexion-extension et la marche. Cependant, l'appui ne se fera qu'une fois la douleur disparue. La prise en charge kinésithérapique doit être réalisée le plus précocement possible. En premier temps, à visée antalgique, faire diminuer le gonflement et, ensuite, pour remettre en charge l'articulation, restaurer les déficits de proprioception ainsi que renforcer les muscles stabilisateurs de la cheville [63]. La reprise du sport sera possible après 45 jours avec une contention.
- Entorses graves : Trois types de traitements sont ici proposés :
 - Traitement orthopédique : Mise en place de la cheville dans une botte plâtrée pour une durée de 6 semaines dont 8 à 10 jours sans appui. Cependant, d'après de récentes recommandations [62], un traitement fonctionnel est plus efficace ;
 - Traitement fonctionnel : Il consiste en une immobilisation précoce par une contention semi rigide amovible de type Aircast mise en place jour et nuit pour une durée de 4 à 6 semaines, avec appui autorisé. Dès la disparition de la douleur, la rééducation est débutée pour éviter une raideur et l'amyotrophie. Elle nécessite l'implication optimale du patient.

Le programme de rééducation comportera des exercices de proprioception et de renforcement musculaire.

- Traitement chirurgical : Consiste en une réparation des ligaments lésés, associé à une botte plâtrée pendant 6 semaines, sans appui autorisé pendant 3 semaines. La rééducation sera ensuite basée sur la proprioception et le renforcement musculaire se fera au 4^{ème} mois.

iii. Fractures de stress

◆ Généralités

La fracture de fatigue correspond à une hyper-sollicitation de la structure osseuse, en dehors de tout traumatisme. C'est un processus d'hyper-résorption ostéoclastique [52]. Le surentrainement entraîne un remodelage du tissu osseux à l'origine d'une résorption excessive. Cette phase de résorption ostéoclastique est responsable d'une fragilisation osseuse, l'os n'arrive donc plus à supporter la charge de travail et c'est là qu'apparaît la fracture de fatigue.

Les fractures de fatigues apparaissent plus fréquemment au niveau des membres inférieurs, notamment au niveau du tibia, péroné, métatarses, os naviculaire et le calcanéum [50].

◆ Facteurs favorisants

La source principale de fractures de fatigue est la surcharge d'activité physique. Les efforts excessifs tant qualitativement que quantitativement provoquent des microlésions à l'origine du remodelage osseux. D'autres facteurs interviennent également [52] [64]:

- Des contraintes anormales liées aux mouvements de course ;
- Entraînement sur des sols durs tels que la route ;
- Chaussures usées ou inadaptées ;
- Mauvaise alimentation, déficit calcique ou d'hydratation.

◆ **Symptomatologie**

C'est une algie progressive, de caractère mécanique, qui survient en moyenne 15 jours après le début de la modification de charge d'entraînements. Elle apparaît uniquement à l'effort, puis disparaît à son arrêt. [52] La douleur est peu intense au début, puis va rapidement augmenter jusqu'à stopper la pratique sportive et devenir handicapante dans la vie quotidienne.

◆ **Traitement**

Il consiste en une mise au repos du membre lésé pendant 4 à 6 semaines et, par conséquent, l'arrêt de la pratique sportive. La kinésithérapie peut aider à la récupération en permettant non seulement une réadaptation à l'effort de manière progressive mais aussi en remettant en confiance le sportif [64]. La reprise du sport est permise à partir de trois mois et s'effectuera en fonction des douleurs. En l'absence de repos et de traitement, la fracture de fatigue évolue en fracture vraie [52].

En prévention, il est donc important de modifier les facteurs de risque. Il faut :

- Adapter son programme d'entraînement et augmenter l'intensité de manière progressive ;
- Si possible, favoriser les courses sur terrains en herbes pour éviter les surfaces dures ;
- Utilisez des chaussures de course adéquates ;
- Améliorer son hygiène nutritionnelle : boire en quantité suffisante, faire une supplémentation en vitamine D pour éviter la carence en calcium et donc la fragilisation osseuse.

d) Cuisse

Au niveau de la cuisse, la tendinopathie du quadriceps et la tendinopathie des ischio-jambiers réunies, s'insèrent dans les dix blessures les plus récurrentes de la course à pied. Étant tout de même assez peu fréquentes individuellement, elles ne seront abordées que succinctement.

i. Tendinopathie du quadriceps

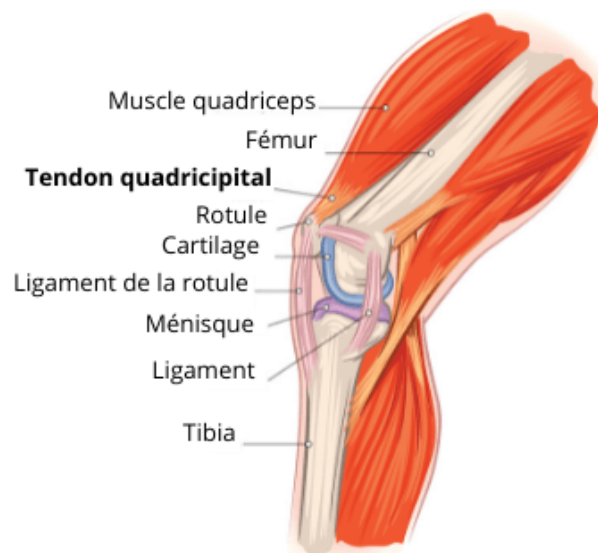


Figure 25 : Anatomie du membre inférieur représentant le tendon quadricipital.

La tendinite quadricipitale est, à elle seule, moins fréquente que la tendinopathie rotulienne. Les muscles du quadriceps se rejoignent en un tendon pour former le tendon quadricipital (Fig. 25). L'inflammation de ce tendon provoque ainsi la tendinopathie du quadriceps. La physiopathologie, la symptomatologie et le traitement sont identiques à la tendinopathie rotulienne (**III.2.1.a.iii Tendinopathie rotulienne 82**) [52].

ii. Tendinopathie des ischio-jambiers

Elle est responsable de douleurs postérieures observées chez différents athlètes, notamment chez les coureurs et les athlètes d'endurance. C'est une pathologie chronique et dégénérative causée par une surcharge de travail. Les facteurs favorisants sont donc le surentraînement, une faible stabilité lombo-pelvienne et une faiblesse musculaire des ischio-jambiers. La douleur est progressive et peut s'étendre le long de la cuisse postérieure jusqu'à la fosse poplitée. La symptomatologie peut être exacerbée par une contraction excentrique répétitive des ischio-jambiers, une flexion vers l'avant du tronc, donc lors de la course à pied.

Le traitement est le même que pour toutes les tendinopathies et repose sur le renforcement musculaire avec des exercices excentriques, une mobilisation des tissus par des massages transverses et des ondes de chocs. La reprise sportive sera possible à la disparition des douleurs [65].

2) Les affections musculaires

Les lésions musculaires font partie des blessures sportives les plus fréquentes. Elles représentent environ un tiers de toutes les blessures [66]. Le mécanisme de ces lésions est soit direct, soit indirect :

- Traumatisme direct : Provoque une dilacération des fibres musculaires ;
- Traumatisme indirect : Suite à une contraction musculaire brutale ou d'une mise en tension explosive au-delà des capacités physiologiques.

Les membres inférieurs sont les plus touchés par ces lésions, en particulier les muscles bi-articulaires tels que le quadriceps, les muscles des ischio-jambiers ou encore les adducteurs.

Les lésions musculaires sont étudiées selon la classification de Durey et Rodineau [66] :

- **Grade 0** : C'est la courbature. Il s'agit d'une atteinte réversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu conjonctif de soutien ;
- **Grade 1** : C'est la contracture. Il s'agit d'une atteinte irréversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu conjonctif de soutien ;
- **Grade 2** : C'est l'élongation. Il s'agit d'une atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires avec atteinte du tissu conjonctif de soutien ;
- **Grade 3** : C'est le claquage : Il s'agit d'une atteinte irréversible d'un nombre important de fibres musculaires avec atteinte du tissu conjonctif de soutien ;
- **Grade 4** : C'est la rupture partielle ou totale d'un muscle.

Nous allons voir ces différents grades plus en détails.

a) Les courbatures

Les courbatures ou « Delay Onset Muscle Soreness » (DOMS) sont des douleurs diffuses et disséminées à plusieurs groupes musculaires, survenant 12 à 24 heures après un effort inhabituel [52]. On les observe essentiellement à la reprise des entraînements ou en début de saison.

D'un point de vue physiologique, les courbatures sont dues à plusieurs microfissures de fibres musculaires accompagnées d'un œdème avec épanchements de sang au niveau des espaces extracellulaires. On retrouve également une augmentation de concentration sanguine des enzymes musculaires comme la créatine kinase ou la lactate déshydrogénase, et des métabolites tels que l'hydroxyproline et l'hydroxylysine [48]. Les muscles sont donc diffusément douloureux, indurés tendus. La symptomatologie s'atténue au cours de l'exercice physique lorsque le muscle est chaud et persiste entre cinq à sept jours.

Le **traitement** [52] des courbatures repose sur le drainage du muscle et l'élimination des déchets métaboliques par la mise en application de massages avec des pommades décontracturantes (AKILEINE® Sport gel relax défatiguant, Baume du tigre rouge®, EAFIT® gel de massage défatiguant, WELLEDA® Huile de massage à l'Arnica) ou encore la mise en déclive des membres inférieurs la nuit.

Le pharmacien d'officine a un rôle prépondérant dans le traitement des courbatures mais également dans leurs préventions. Ce rôle consiste en une remise en condition physique progressive adaptée et régulière sans périodes d'arrêts. Un échauffement de qualité peut également servir à limiter l'apparition de courbatures. De plus, une récupération active en fin d'exercice telle que la marche en fin de course permet aux muscles d'éliminer plus rapidement les déchets métaboliques.

Au comptoir de l'officine, nous pouvons conseiller Sportenine® qui comprend de l'Arnica montana en 9CH (antalgique et anti œdémateux), du Zincum Oxydatum 3CH (antispasmodique) et du Sarcolaticum acidum 3CH (empêche la production d'acide lactique). La posologie est d'un comprimé toutes les heures jusqu'à amélioration, sans dépasser dix par jour.

b) La contracture

C'est une contraction involontaire et inconsciente, douloureuse et permanente, située sur un muscle ou l'un de ses faisceaux, ne cessant pas spontanément au repos [52].

Dans la pratique sportive, on distingue deux types de contractures :

- La contracture due à la surutilisation du muscle qui accompagne l'effort intensif et excessif. La douleur, très localisée, est sensible au début de l'effort puis handicapante à la fin de ce dernier. Le spasme est important avec une sensation de dureté à la palpation et la mise en évidence de cordes ou nodules indurés au sein du muscle ;

- La contracture de défense qui est un mécanisme reflexe pour immobiliser le muscle suite à une atteinte osteo-articulaire induite par la pratique du sport (entorse, torticolis, lumbago).

Le traitement de la contracture implique le repos du muscle, l'application de chaleur, l'éventuelle prise d'antalgiques et myorelaxants *per os*, ainsi que des massage et/ou étirements dans les jours qui suivent.

c) L'élongation

L'élongation correspond à la déchirure des myofibrilles. Elle survient lors de la sollicitation excessive et brutale d'un muscle durant lequel l'étirement du muscle est allé au-delà de son élasticité maximale. La douleur est brutale mais modérée et peu impotente. La durée varie entre 10 à 15 jours.

Le traitement repose sur l'application de glace, de contention et d'étirements progressifs.

d) Le claquage

Le claquage correspond à la déchirure de fibres, voire de faisceaux musculaires. La déchirure peut avoir deux causes :

- A la suite d'une contraction musculaire intense et violente non contrôlée ;
- A la suite d'une agression externe sur le muscle contracté.

La douleur est fulgurante et impose l'arrêt de l'exercice. L'invalidité est importante. Le traitement repose sur l'application de glace associé à la déclive du segment, de la contention et un repos sportif absolu de 30 jours.

e) La rupture

Ce stade correspond à une fracture musculaire. La déchirure du muscle peut être partielle ou totale. Les causes sont les mêmes que pour le claquage (**III.2.2.c.p103**) mais dans des conditions plus violentes.

L'invalidité fonctionnelle est totale. Le traitement consiste en l'immobilisation du membre, un drainage de l'hématome aux services des urgences et, éventuellement, une opération.

La reprise des activités sportives ne sera pas possible avant trois mois.

Pour l'ensemble de ces lésions, la conduite à tenir en premier lieu est d'appliquer le protocole POLICE comme décrit au chapitre **III.2.1.c.ii Entorse de la cheville** (p92) [16].

La prise d'antalgiques et de décontractants musculaires *per os* peut être envisagée sur une durée de 7 à 10 jours. Une supplémentation en veinotoniques *per os* (VEINOMIX®, ENDOTELON®, DAFLON®) ou de manière locale (RAP PHYTO®, GINKOR® frais gel fraîcheur, APVITA® gel fraîcheur) peut également compléter le traitement. La prévention repose sur un drainage musculaire afin d'éliminer rapidement les déchets musculaires.

L'application d'un gel chauffant est également conseiller, notamment en hiver pour une préparation musculaire plus rapide (EAFIT® gel chauffant). Un traitement kinésithérapique doit être instauré le plus précocement possible, et séparé en quatre phases [66]. La première phase constituée d'étirements statiques est suivie d'une seconde phase de contractions isométriques. Ensuite, la troisième phase a pour but des contractions dynamiques, concentriques et excentriques avec augmentation progressive de la charge. La dernière phase est fonctionnelle et consiste, tout en continuant les exercices de renforcement, à instaurer, de manière progressive, les mouvements de course.

f) La crampe musculaire

C'est une « contraction musculaire intense, brutale, paroxystique, involontaire, douloureuse et de courte durée d'un muscle, s'accompagnant d'un déplacement segmentaire incontrôlable. » [52]. De disparition spontanée, elle ne dure que quelques minutes. Sur une épreuve de marathon, environ 18% des coureurs sont atteints de crampes [48].

Il existe deux types de crampes :

- La crampe a l'effort, sur un muscle chaud : Elle résulte d'une contraction musculaire d'une longue durée entraînant une ischémie transitoire et l'accumulation d'acide lactique ;
- La crampe au repos, sur un muscle froid, généralement la nuit.

Chez les coureurs, les crampes sont généralement localisées au niveau des membres inférieurs avec une prédominance pour le quadriceps, les ischio-jambiers, et les mollets.

Les crampes intervenantes durant la pratique de la course à pied apparaissent généralement lors d'un effort trop intense (entraînement surdosé, compétition, fatigue).

Les causes de la crampe sont [52] :

- Un échauffement insuffisant ;
- Une récupération trop courte entre deux exercices, le muscle n'a pas le temps d'évacuer les déchets métaboliques ;
- L'âge (plus fréquent avec l'âge) ;
- Le surpoids ;
- Une pratique insuffisante ou irrégulière des étirements ;
- Un défaut d'hydratation ;
- Un manque de potassium, de calcium ou de magnésium.

Le **traitement** de la crampe consiste à étirer le muscle pendant quelques minutes (généralement une trentaine de secondes suffisent).

L'étirement peut être complété d'un massage local via une pommade décontractante (Akiléine Sport gel relax défatiguant®).

La **prévention** de la crampe repose essentiellement sur une hydratation enrichie en sodium (pour éviter la déshydratation) régulière en quantité suffisante ainsi qu'un échauffement efficace avant la course.

Si les crises de crampes sont récidivantes, nous pouvons conseiller :

- Une cure de magnésium à la dose journalière de 400 mg sur une période d'un mois ;
- Oligothérapie : GRANIONS® Décontractant musculaire, contenant du sélénium (antioxydant) du cuivre et du magnésium pour le fonctionnement de la contraction musculaire. La cure dure 15 jours à raison de deux ampoules par jour.

IV. La prévention au comptoir de l'officine

1. La visite de non contre-indication à la pratique sportive

1) Le cadre juridique

Cette visite a pour but de délivrer un certificat de non contre-indication à la pratique sportive.

Le cadre juridique stipule qu'elle est obligatoire pour tous les pratiquants de course à pied voulant s'exercer en club (licences sportives « loisirs » ou « compétitions ») ou lors de participations à des compétitions officielles comme par exemple un marathon.

Selon la loi 75-988 du 29/10/75, le certificat médical est obligatoire pour participer à des compétitions sportives. La loi 84-610 du 16/07/84 et son décret indiquent que le certificat peut être rédigé par tout médecin suivant les règles de la profession, qu'il est annuel et qu'il doit être mentionné sur la licence du sportif.

Enfin, à partir de la loi 99-223 du 23/03/99 le certificat médical est obligatoire pour obtenir une licence sportive et cela est repris dans l'article L.3622-1 du Code de la santé publique.

2) Contenu de la visite

Le certificat médical de non contre-indication à la pratique sportive ne peut être délivré qu'à la suite d'un examen approfondi et personnalisé de l'état de santé du sportif.

a) L'interrogatoire

La visite commence par un interrogatoire qui s'intéresse aux [67]:

- Cadres de l'activité sportive (comme par exemple la course à pied) : la fréquence, le niveau et l'intensité ;
- Tous les incidents de santé personnels, passés ou récents : traumatologiques, chirurgicaux, neurologiques, pneumologiques ou encore cardiologiques ;
- Les antécédents familiaux, notamment les pathologies cardiaques, asthme, diabète, hyperlipidémies, les cas de morts subites ;
- Les éventuels traitements médicamenteux en cours ;
- Facteurs de risques cardiovasculaires ;
- D'éventuels symptômes d'alertes : palpitations, douleurs, thoraciques, malaises, dyspnée d'effort ;
- L'hygiène de vie (tabac, alcool, sommeil...) ;
- L'état vaccinal.

b) L'examen clinique

L'examen clinique va permettre la mesure du poids, de la taille, de l'IMC. Le médecin va ainsi examiner l'appareil locomoteur tel que le rachis en position statique ou dynamique, les principales articulations et muscles sollicités lors de la course à pied, la tonicité musculaire, la souplesse et d'éventuels troubles statiques [67,68].

L'examen clinique va également s'intéresser au système cardiovasculaire avec une auscultation cardiaque à la recherche de souffle, de tension artérielle ainsi qu'une prise du rythme cardiaque. L'approche respiratoire comporte une mesure de la capacité vitale (volume d'air contenu dans les poumons entre une inspiration et une expiration maximum) et du débit de pointe (vitesse maximale de l'expulsion de l'air lors d'une expiration forcée).

L'examen devant être approfondi, d'autres paramètres sont vérifiés comme, par exemple, la sphère ORL (dentition, état de la gorge et des tympans), le revêtement cutané ou encore l'acuité visuelle [68].

Des examens complémentaires peuvent être recommandés en fonction des antécédents personnels ou des symptômes évoqués. Il peut s'agir de radiographies, de scanners, d'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou encore d'examens biologiques. Un électrocardiogramme (ECG) n'est pas systématique mais il est recommandé tous les 3 ans pour la pratique en compétition entre 12 et 20 ans, puis tous les 5 ans entre 20 et 35 ans. Au-delà de 35 ans, un test d'effort est recommandé chez le sportif même asymptomatique [67].

3) Les contre-indications

La recherche de contre-indications à un sport en particulier doit figurer dans le règlement médical de chaque fédération. Si une liste précise n'est pas fournie par le règlement, cela reste à l'appréciation du médecin. Si une ou plusieurs contre-indications sont retrouvées, elles doivent être classées en absolues ou en temporaires, et le certificat d'inaptitude doit être adressé au président de la fédération ainsi qu'au médecin fédéral national. Au préalable, le médecin doit s'assurer des contraintes occasionnées par le sport en question et le niveau de pratique du sportif.

a) Les contre-indications temporaires

Elles sont liées soit à un état physiologique tel que la grossesse, soit à un état pathologique passager comme par exemple un traumatisme musculaire ou ostéoarticulaire aigu, une pathologie de croissance (exemple de la « Maladie de Sever » ou de la « Maladie d'Osgood-Schlatter ») ou encore une infection. Toutes ces pathologies sont considérées comme contre-indications jusqu'à preuve de rétablissement complet.

b) Les contre-indications permanentes

Elles peuvent être soit relatives, soit absolues.

Les contre-indications relatives sont majoritaires et permettent d'adapter la pratique sportive soit de façon temporaire, soit définitive.

En course à pied, il n'y a pas vraiment de contre-indications spécifiques du fait de sa grande capacité d'adaptation à la personne. Les contre-indications absolues retrouvées sont celles de la grande majorité d'autres fédérations telles que :

- Les pathologies cardiovasculaires à l'origine de troubles à l'éjection ventriculaire gauche, de troubles du rythme à l'effort ou lors de la récupération ;
- L'insuffisance staturopondérale morbide ;
- Les affections morphologiques sévères, notamment celles du rachis dorsolombaire avec risque de pathologie aiguës ou d'usure accélérée ;
- Les affections neurologiques graves.

2. La course à pied et les pathologies chroniques

1) Diabète

a) Diabète de type 1 (DT1)

Le diabète de type 1, ou diabète insulino-dépendant, résulte de la destruction des îlots de Langerhans au niveau du pancréas, ce qui induit un déficit de sécrétion de l'insuline. Le traitement mis en place est l'insulinothérapie réalisée par des injections d'insuline ou via une pompe portable [68].

L'exercice physique entraîne une surconsommation de glucose au niveau du muscle. Pour que la glycémie reste constante, une augmentation de la production est alors observée afin de compenser cette augmentation de consommation. L'apport peut être réalisé par l'alimentation, ou de manière endogène via le foie. Le débit de glucose hépatique est principalement conditionné par les hormones, notamment l'insuline. On va alors observer une baisse de la sécrétion d'insuline en début d'exercice qui va se maintenir tout au long de l'exercice afin de maintenir la glycémie stable. Chez le diabétique ayant reçu une injection d'insuline, la surconsommation du glucose par le muscle n'est plus compensée et il y a un risque d'hypoglycémie.

Il y a donc nécessité chez le diabétique d'adapter son traitement insulinique [69].

- Réductions des doses d'insuline avant la course :

C'est la solution optimale mais pas toujours applicable. Elle nécessite que l'exercice soit programmé. Le sujet doit savoir à quel moment de la journée il ira courir, sa durée et son intensité. Il est recommandé que plus la course sera longue, plus la réduction des doses doit être importante. Elle peut aller de 50 à 90%.

- Réductions des doses d'insuline après la course :

Il sera très important d'être vigilant dans la nuit suivant l'exercice car c'est à ce moment que les hypoglycémies sont les plus sévères. Elles sont dues à la reconstitution des

stocks de glycogène musculaire et hépatique ainsi qu'à l'augmentation de la sensibilité à l'insuline. Il est par conséquent recommandé de réduire les doses d'insuline du soir après une course. Elle concerne principalement l'insuline rapide et intermédiaire et peut aller de 30 à 50%.

Le schéma d'insulinothérapie doit permettre de réduire la dose d'insuline en fonction de l'horaire de la course. Plus la durée d'action de l'insuline est longue, plus l'adaptation aux besoins de l'exercice sera difficile. La NPH (INSULATARD®) est une insuline d'action progressive et prolongée qui présente un effet maximum entre 4 et 12 heures, pour une durée totale de 24 heures. La glargine (LANTUS®) est une insuline avec un profil d'action plat et régulier sur 24 heures. Ainsi ces deux types d'insuline sont difficilement maniabiles et donc difficilement adaptables à l'exercice. La détémir (LEVEMIR®) présente une durée d'action plus courte, entre 12 et 18 heures, ce qui la rend plus intéressante. Les insulines à action rapides sont également à adapter. Le risque d'hypoglycémie avec ce type d'insuline varie en fonction du délai entre l'injection et l'exercice : le risque est plus important si l'exercice a lieu dans les deux heures qui suivent l'injection. Enfin, la pompe sous-cutanée peut représenter une excellente solution chez le pratiquant de course à pied car elle permet de réduire le débit avant (30 à 50%) l'exercice, arrêt pendant l'exercice, puis réduction après la course de 25% pendant plusieurs heures ainsi que pendant la nuit [69].

b) Diabète de type 2 (DT2)

Les causes du diabète de type 2, non insulino-dépendant, sont un défaut de sensibilité des tissus à l'insuline associé à un défaut de la sécrétion d'insuline. Plus le stade de la maladie avance, plus l'insulinorésistance augmente [69].

Le DT2 étant favorisé par le mode de vie actuel et la sédentarité, l'activité physique comme la course à pied constitue une prévention et un traitement. En effet, une fois le diabète installé, il va, à court terme, « désucre » et réduire les glycémies. A moyen terme il va augmenter la sensibilité à l'insuline et ainsi amplifier l'effet des antidiabétiques oraux [68].

Il a également été prouvé que 30 minutes de course à pied d'allure modérée, et plus généralement la marche, permet une réduction de l'insulinémie ainsi qu'une perte de poids.

L'activité physique va agir au niveau cellulaire en stimulant directement les transporteurs transmembranaires GLUT4 ainsi que dans les mécanismes de la synthèse du glycogène. Elle va également permettre le développement des fibres musculaires de type I (lentes) et intervenir dans la diminution de la production d'acides gras libres par la graisse pré-viscérale[69]. Il est donc recommandé de pratiquer une activité physique de 30 minutes par jour à 50/60% de la VO2 max, si possible tous les jours et au minimum trois fois par semaine. Les risques d'hypoglycémie sont faibles et sont uniquement présents chez les patients traités par insuline, glinides ou sulfamides. Toutefois il sera nécessaire de surveiller d'éventuelles complications cardiaques et podologiques.

2) Pathologies cardiovasculaires

Les pathologies cardiovasculaires regroupent les maladies touchant le cœur et l'ensemble des vaisseaux sanguins. On retrouve principalement les troubles du rythme cardiaque, l'infarctus du myocarde, l'athérosclérose, les accidents vasculaires cérébraux, l'insuffisance cardiaque et enfin l'hypertension artérielle.

L'activité physique, évidemment associée à des mesures hygiéno-diététiques, permet de lutter contre les facteurs de risque cardiovasculaire. La pratique régulière d'une activité physique telle que la course à pied entraîne une baisse de la pression artérielle de 6 à 7 millimètres de mercure. Ce mécanisme est expliqué par une réduction du système rénine-angiotensine [70].

La pratique d'un exercice d'endurance augmente de 20 à 30% le taux de HDL via une réduction de la catabolisation des HDL par les lipases pancréatiques. Si l'effort se poursuit durant plus de 45 minutes, une baisse des triglycérides est également observée car le glycogène hépatique et musculaire ne suffit plus pour apporter de l'énergie. Un bénéfice anti-thrombotique est également rapporté en raison d'une baisse des facteurs de coagulation et de l'agrégation plaquettaire.

La production de monoxyde d'azote (NO) endothélial est générée par l'activité physique et permet de lutter contre les pathologies vasculaires. Enfin, l'exercice d'endurance va faire baisser le tonus sympathique ce qui aboutit à une diminution du rythme cardiaque de repos et du risque de troubles du rythme [70].

3) Asthme

L'asthme est une maladie inflammatoire chronique des bronches se manifestant par des crises dont les symptômes sont une respiration sifflante, une toux sèche, un essoufflement et une sensation d'oppression dans la poitrine. L'obstruction bronchique est réversible soit spontanément, soit suite à la prise de bronchodilatateur.

La pratique d'une activité physique et notamment la course à pied est tout à fait recommandée chez les asthmatiques. Il faudra préalablement s'assurer auprès d'un médecin que l'asthme soit contrôlé.

Lors de la course à pied et, plus généralement, lors d'une activité physique, une crise d'asthme peut survenir ; c'est ce que l'on appelle l'asthme d'effort. Cette crise peut survenir pendant ou après l'exercice et survient généralement lorsque l'asthme n'est pas contrôlé.

Les facteurs favorisant l'asthme d'effort sont un air froid et sec, les pollens, un effort très long ou intense, la pollution atmosphérique, une inflammation importante des bronches les rendant très réactives à ces différents facteurs [71]. L'asthme d'effort peut être prévenu par un échauffement progressif, une adaptation de l'intensité de son activité à sa forme actuelle et un arrêt progressif de l'exercice afin que les bronches puissent se réadapter à rythme normal. Il est impératif de tenir compte des conditions climatiques et de la qualité de l'air. La course à pied se pratiquant en intérieur comme en extérieur, il faudra par conséquent être attentif aux sorties en cas de froid sec et intense et lors des pics de pollution ou de pollens [71]. Il est également recommandé de toujours courir avec un bronchodilatateur d'action rapide afin de pouvoir traiter la crise dès que possible.

4) BPCO

La BPCO, ou broncho-pneumopathie chronique obstructive est actuellement la 3^{ème} cause de mortalité en France. Elle se définit par une obstruction des voies aériennes caractérisée par un rétrécissement des bronchioles et un emphysème (destruction des alvéoles pulmonaires), ce qui induit une perturbation de la mécanique ventilatoire.

Plusieurs comorbidités y sont associées telles que l'insuffisance cardiaque, la dépression, l'ostéoporose ou encore des troubles cognitifs. L'arrêt du tabac est indispensable. La réhabilitation implique la mise en place d'une activité physique à raison de 20 à 45 minutes par jour, au minimum cinq fois par semaine [70]. Elle a pour but la réduction des symptômes, la prévention des comorbidités et de potentialiser les effets du traitement. Il est recommandé à un patient atteint de BPCO de pratiquer une activité physique à hauteur de 50% de la VO2 max ou de la marche avec pour objectif 7000 pas par jour.

5) Cancer

La pratique régulière d'une activité physique comme la course à pied joue un rôle primordial dans la prévention primaire des cancers. Elle permet une réduction du risque de 40% pour les cancers du sein et du colon [70]. Concernant les cancers de la prostate, de l'endomètre et du poumon, il est nécessaire de pratiquer une activité d'intensité plus élevée afin d'observer une diminution des risques. La pratique d'un exercice physique est également importante dans la prévention secondaire réduisant de près de 20 à 50% le risque de récurrence de cancer du sein chez la femme traitée.

Les mécanismes d'actions sont multiples mais surtout hormonal, mettant en jeu une baisse de la sécrétion d'IGF-1 et des facteurs de croissance tumorale associés. On observe également une élévation des macrophages ainsi que des lymphocytes NK [70].

6) Dépression

La dépression est définie comme un trouble de l'humeur persistant dans le temps et dont le tableau clinique correspond à une profonde tristesse associée à une perte d'intérêt et de plaisir [72]. Elle est très fréquente en France avec près de 3 millions de personnes atteintes.

La pratique régulière d'une activité physique telle que la course à pied possède un effet protecteur vis-à-vis de l'anxiété, du stress et des symptômes dépressifs.

Les pratiquants réguliers de course à pied sont ainsi moins touchés par les symptômes liés à la dépression. L'activité physique présente également un effet bénéfique chez les dépressifs car elle réduit les symptômes, améliore la qualité de vie et participe à la prévention des récives. Les études montrent qu'une activité physique à raison de trois fois par semaine sur trois mois est aussi efficace qu'un traitement médicamenteux [72].

Les mécanismes d'action antidépresseur de l'activité physique sont multiples. Elle favorise les pensées positives tout en facilitant la distraction des pensées négatives. On remarque également une augmentation des monoamines et des bêta-endorphines, une stimulation de la neurogenèse dans l'hippocampe ainsi qu'une augmentation de la vascularisation cérébrale.

7) Vieillesse

C'est un processus inévitable, progressif et irréversible de baisse de performances des fonctions vitales.

Les conséquences du vieillissement sont multiples [68] :

- Modification du système cardiovasculaire tel que la baisse de la fréquence cardiaque de l'ordre de 3 à 5% par décade ;
- Modification du système respiratoire : l'effet oxydant de l'oxygène va dégrader directement l'épithélium bronchopulmonaire. A partir de 30 ans, les volumes mobilisables diminuent. On note également une baisse de 10% par décade de la VO2 max. L'affaiblissement des muscles respiratoires entraîne également une baisse des pressions inspiratoires et expiratoires à partir de 50 ans.

- L'arthrose ;
- La diminution de la masse musculaire à l'origine de nombreuses conséquences comme l'augmentation du risque de fracture ;
- Réduction de la taille des fibres musculaires et de la capillarisation musculaire qui, associés à la baisse du débit cardiaque, contribuent à limiter la disponibilité tissulaire de l'oxygène.

L'activité physique pratiquée régulièrement comme par exemple la course à pied ralentit les processus impliqués dans le vieillissement et améliore la qualité de vie [70]. Elle permet d'améliorer la consommation maximale d'oxygène, d'avoir un meilleur contrôle de la tension artérielle et retarde ainsi la mise en place de traitement antihypertenseur, modifie la distribution des graisses abdominales, améliore le profil plasmatique lipidique et la tolérance glucidique, et enfin augmente la force musculaire [68].

La pratique d'une activité physique est l'une des stratégies les plus connues pour limiter le processus de sénescence et on note une augmentation du nombre d'athlètes dans les sports d'endurance présentant un âge « avancé ». Ces athlètes sont surnommés les « athlètes master » et, en course à pied, il est défini à partir de 35 ans. Ils sont considérés comme des modèles de vieillissement « parfait » car ils présentent peu ou pas de pathologies ou de modifications corporelles traditionnellement associées au vieillissement [73].

Conclusion

La course est l'une des activités sportives les plus populaires en France, allant du simple jogging de quelques kilomètres le dimanche au trail de plus de 100 km.

C'est une pratique sportive qui requiert de l'énergie, il est donc indispensable d'apporter à l'organisme des nutriments adaptés afin de servir de carburant énergétique. Les glucides, les lipides et les protéines sont indispensables à la production d'énergie et au développement de la masse musculaire. L'apport de micronutriments tels que les vitamines et minéraux est également essentiel afin de soutenir le métabolisme énergétique et de palier les pertes dues à la transpiration.

De par ses connaissances et de sa grande disponibilité, le pharmacien d'officine se doit d'exploiter son expertise en nutrition, compléments alimentaires, orthopédie ou encore en homéopathie afin de pouvoir accompagner le pratiquant de course à pied dans son quotidien. Au vu de l'augmentation constante du nombre de pratiquants de course à pied, de plus en plus d'amateurs franchissent les portes de l'officine à la recherche de conseils.

Le pharmacien va pouvoir prodiguer des recommandations sur le plan nutritionnel à adapter avant la course en augmentant son régime glucidique afin d'augmenter ses réserves de glycogène, lors de la course en lui conseillant de s'hydrater régulièrement avec une boisson de l'effort et/ou de s'alimenter, et enfin après l'effort afin d'améliorer la récupération. Il va également intervenir en cas de blessures en l'accompagnant dans les soins orthopédiques avec par exemple la délivrance d'orthèses adaptées.

En tant qu'acteur de santé publique de première ligne, il est important pour le pharmacien de favoriser la pratique d'une activité physique régulière telle que la course à pied, même à faible allure, a ses patients atteints de pathologies chroniques comme le diabète, l'hypertension artérielle ou encore la BPCO. Elle permet de réduire les symptômes, ralentir l'évolution de ces pathologies et ainsi améliorer la qualité de vie des patients.

Bibliographie :

1. Activité physique [Internet]. Organisation mondiale de la santé. 2021 [cité 3 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
2. De Margerie G, Lenglard F. Activité physique et pratique sportive pour tous et tous [Internet]. France Stratégie; 2018 nov [cité 6 déc 2021] p. 137. Disponible sur: <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-rapport-activite-physique-sportive-22-11-2018-web.pdf>
3. De Saint Pol T, Foirien R, Zimmer C. Les chiffres clés du sport 2020 [Internet]. Institut National de la Jeunesse et de l'Éducation Populaire; 2020 nov [cité 6 déc 2021]. Disponible sur: <https://injep.fr/wp-content/uploads/2020/11/Chiffres-cles-sport-2020.pdf>
4. Course [Internet]. Le Grand Robert. [cité 18 déc 2021]. Disponible sur: <https://grandrobert-lerobert-com.docelec.u-bordeaux.fr/robert.asp>
5. Gaudin-Winer F. Enquête : La course à pied à l'étude [Internet]. Fédération Française d'Athlétisme. 2014 [cité 6 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.athle.fr/asp.net/main.news/news.aspx?newsid=11782>
6. Le running plébiscité par les Français en 2020 [Internet]. Union Sport & cycle. 2020 [cité 6 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.unionsportcycle.com/les-actualites/2021-05-04/le-running-plebiscite-par-les-francais-en-2020>
7. Les compléments alimentaires, nécessité d'une consommation éclairée [Internet]. ANSES. 2021 [cité 7 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-compléments-alimentaires-nécessité-dune-consommation-éclairée>
8. Compléments alimentaires - Présentation générale [Internet]. economie.gouv.fr. [cité 13 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/sécurité/produits-alimentaires/complements-alimentaires>
9. Bonillo G, Goron F. Nouvelles Tendances Consommateurs dans les Compléments alimentaires [Internet]. 2021 [cité 13 déc 2021] p. 42. (SYNADIET). Disponible sur: https://www.synadiet.org/sites/default/files/page/files/harris_interactive_rapport_tendance_conso_cpai_synadiet_vf.pdf
10. Le marché des compléments alimentaires - Chiffres de l'année 2020 [Internet]. 2020 [cité 13 déc 2021] p. 8. (SYNADIET). Disponible sur: https://www.synadiet.org/sites/default/files/page/files/20210216_synadiet_chiffres_cles_2020_vf_externe.pdf
11. Deloy L. Compléments et produits alimentaires chez le sportif : consommation, risques et importance du conseil officinal [Internet]. Université de Lorraine; 2017 [cité

- 18 déc 2021]. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931819/document>
12. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. Physiologie du sport et de l'exercice. 2017.
 13. Dr Kayoueche. Cours de Physiologie Générale 2ème partie : LES MUSCLES [Internet]. 2019. Disponible sur: https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/Cours/PHYSIOLOGIE_MUSCLE.pdf
 14. Ritz P, Couet C. La dépense énergétique. Cahiers de Nutrition et de Diététique. sept 2005;40(4):227-32.
 15. Doutreloux J-P. Physiologie et biologie du sport 2ème édition. Paris: Vigot; 2013.
 16. Biesalski HK, Grimm P, Nowitzki-Grimm S, Prudhomme C. Atlas de poche de nutrition. Paris: Maloine; 2001.
 17. Bigard X, Guezennec C-Y. Nutrition du sportif [Internet]. 2011 [cité 31 janv 2022]. Disponible sur: https://nls.ldls.org.uk/welcome.html?ark:/81055/vdc_100052770765.0x000001
 18. Les recommandations nutritionnelles de 18 à 75 ans [Internet]. Vidal. [cité 3 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-adulte/recommandations-nutritionnelles-adulte.html>
 19. Daniel H, Kuhn F. Nutrition de l'endurance: les secrets pour booster vos performances. Vergèze: T. Souccar; 2012.
 20. Les lipides [Internet]. ANSES. 2021 [cité 3 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-lipides>
 21. Les protéines [Internet]. ANSES. 2021 [cité 9 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-protéines>
 22. Christophe Hauswirth. Améliorer sa récupération en sport. Paris: INSEP publications; 2013.
 23. Complément alimentaire : vitamine B1 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/vitamine-b1-thiamine.html>
 24. Complément alimentaire : vitamine B2 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 10 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/vitamine-b2-riboflavine.html>
 25. Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux [Internet]. ANSES. 2021 [cité 10 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-références-nutritionnelles-en-vitamines-et-minéraux#B1>
 26. Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 2014. 605 p.
 27. Complément alimentaire : vitamine B3 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements->

alimentaires/vitamine-b3-pp-niacine.html

28. Complément alimentaire : vitamine B5 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/vitamine-b5-acide-panthothenique.html>
29. Maton F. Vitamine B6 (pyridoxine, pyridoxal, pyridoxamine) [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2008 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/vitamine-b6-pyridoxine-sport/>
30. Complément alimentaire : vitamine B8 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/vitamine-b8-h-b7-biotine.html>
31. Vitamine B9 ou acide folique [Internet]. ANSES. 2019 [cité 12 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-b9-ou-acide-folique>
32. Complément alimentaire : vitamine B12 [Internet]. Vidal. 2014 [cité 12 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/vitamine-b12-cobalamine.html>
33. Maton F. Vitamine C (acide ascorbique) [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2018 [cité 12 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/vitamine-c-acide-ascorbique-sport/>
34. Vitamine D : pourquoi et comment assurer un apport suffisant ? [Internet]. ANSES. 2021 [cité 13 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-d-pourquoi-et-comment-assurer-un-apport-suffisant>
35. Maton F. Vitamine E (tocopherols) [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2015 [cité 13 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/vitamine-e-tocopherols-sport/>
36. Bacquaert P. Vitamine K (phylloquinone) [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2008 [cité 13 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/vitamine-k-phylloquinone-sport/>
37. Complément alimentaire : Magnésium [Internet]. Vidal. 2014 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/magnesium.html>
38. Maton F. Potassium et sport [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2018 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/mineraux-potassium-k-sport/>
39. Maton F. Sodium et sport [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2013 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/mineraux-sodium-na-sport/>
40. Le sel [Internet]. ANSES. 2017 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/le-sel>

41. Complément alimentaire : cuivre [Internet]. Vidal. 2014 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/cuivre.html>
42. Maton F. Fer et sport [Internet]. Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé. 2016 [cité 16 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/mineraux-fer-fe-sport/>
43. Maton F. Sélénium et sport [Internet]. Sélénium et sport. 2008 [cité 18 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/mineraux-selenium-se-sport/>
44. Complément alimentaire : zinc [Internet]. Vidal. 2016 [cité 18 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/zinc.html>
45. Armand D. L'eau dans l'organisme [Internet]. CNRS. [cité 13 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/eauOrga.html>
46. Les besoins en eau pendant l'effort [Internet]. Vidal. 2019 [cité 13 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/besoins-eau-sportifs.html>
47. Rousseau V. Sport et hydratation - Quand faut-il boire plus ? [Internet]. [cité 13 mars 2022]. Disponible sur: <http://manutrirun.a.m.f.unblog.fr/files/2016/01/ciumbs-rousseau-nut-sport-mars2013pdf.pdf>
48. Sordello. La bible du running: route et trail running. Paris: Amphora; 2015.
49. Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. *J Sports Sci Med.* mars 2019;18(1):21-31.
50. Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci.* sept 2021;10(5):513-22.
51. Dubois B. Syndrome femoro-patellaire [Internet]. Kmag; 2021. Disponible sur: https://az675379.vo.msecnd.net/media/7843011/kmag42_vol11_no2_ete2021_syndrome-femoro-patellaire.pdf
52. Chanussot J-C, Danowski R-G, Rodineau J. Traumatologie du sport [Internet]. Issy-les-Moulineaux [France: Elsevier Masson; 2012 [cité 22 nov 2021]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9782294703195>
53. van der Worp MP, van der Horst N, de Wijer A, Backx FJG, Nijhuis-van der Sanden MWG. Iliotibial Band Syndrome in Runners: A Systematic Review. *Sports Med.* nov 2012;42(11):969-92.
54. Dubois B. Le syndrome de la bandelette ilio-tibiale [Internet]. Kmag; 2020. Disponible sur: https://az675379.vo.msecnd.net/media/7842112/ete_2020.pdf
55. Santana JA, Mabrouk A, Sherman A I. Jumpers Knee. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [cité 22 nov 2021]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532969/>

56. Petraglia F, Ramazzina I, Costantino C. Plantar fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review. *Muscles Ligaments Tendons J.* mars 2017;7(1):107-18.
57. Whitney KA. Fasciite plantaire [Internet]. *Le Manuel MSD.* 2019. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-osseux,-articulaires-et-musculaires/maladies-du-pied/fasciite-plantaire>
58. ESPIE A. Lésions du tendon d'Achille [Internet]. *Chirurgie spécialisée de la cheville et du pied.* Disponible sur: <https://chirurgiedupied.net/lesions-du-tendon-d-achille.html>
59. Berner J. Tendinopathie d'Achille [Internet]. *Revue Medicale Suisse.* 2015 [cité 27 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2015/revue-medicale-suisse-465/tendinopathie-d-achille#tab=tab-toc>
60. Moukoko D. Le périoste vascularisé et la reconstruction osseuse. *Chirurgie de la Main.* déc 2010;29:S214-20.
61. Paillard P. Entorse cheville : que faire ? [Internet]. Dr Philippe Paillard Chirurgie Orthopédique - Traumatique. [cité 30 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.chirurgie-orthopedique-paris.com/pathologies/entorse-de-la-cheville/#entorse-de-la-cheville-definition>
62. Vuurberg G, Hoorntje A, Wink LM, van der Doelen BFW, van den Bekerom MP, Dekker R, et al. Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline. *Br J Sports Med.* août 2018;52(15):956.
63. L'entorse de la cheville : la rééducation est nécessaire [Internet]. *Ordre des masseurs-kinésithérapeutes.* 2019. Disponible sur: <https://www.ordremk.fr/actualites/patients/lentorse-de-la-cheville-la-reeducation-est-necessaire/>
64. Bacquaert P, Maton F. Fracture de fatigue, fracture de stress [Internet]. *Institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport santé.* 2021 [cité 2 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/fractures-de-fatigue/>
65. Chu SK, Rho ME. Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. *Curr Sports Med Rep.* juin 2016;15(3):184-90.
66. Schwitzguebel AJ-P. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018 [Internet]. *Revue Medicale Suisse.* 2018 [cité 5 déc 2021]. Disponible sur: https://www.revmed.ch/view/428428/3699762/RMS_613_1332.pdf
67. Augé D. Visite de non contre-indication à la pratique sportive [Internet]. *Hopital Joseph Ducuing.* [cité 4 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.hjd.asso.fr/sites/default/files/Visite%20de%20non%20contre-indication%20à%20la%20pratique%20sportive%20V2.pdf>
68. Rochcongar P. *Médecine du sport: pour le praticien.* Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2013.
69. Mollet E. *Activité physique, diabète et autres facteurs de risque*

cardiovasculaire. EMC - Traité de médecine AKOS. janv 2006;1(4):1-6.

70. Paumard C. Les bénéfices de l'activité physique dans les pathologies chroniques. NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie. août 2014;14(82):201-8.

71. Activité physique et asthme [Internet]. L'assurance maladie. [cité 4 mars 2022]. Disponible sur: https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/asthme/asthme-vivre-maladie/asthme-activite-physique#text_48907

72. Prescription d'activité physique et sportive - Dépression [Internet]. HAS. 2019 [cité 6 mars 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-07/app_249_ref_aps_depression_vf.pdf

73. Louis J, Nosaka K, Brisswalter J. L'athlète master d'endurance, un modèle de vieillissement réussi. Science & Sports. avr 2012;27(2):63-76.

Liste des Illustrations :

- Figure 1 : Taux de pratique sportive des différents univers en 2018.
- Figure 2 : Répartition des ventes en pharmacie des compléments alimentaires en 2020.
- Figure 3 : Schéma d'un muscle squelettique. Disponible sur : <https://www.medicinus.net/physiologie-muscle/>
- Figure 4 : Structure d'un sarcomère. Disponible sur : <https://www.researchgate.net/figure/Structure-dun-sarcomere-observe-en-microscopie-electronique-en-haut-et-schematise-en-fig4-282569959>
- Figure 5 : Sarcomère représentant les filaments d'actine et de myosine. (Jack H.Wilmore 2017)
- Figure 6 : Raccourcissement d'un sarcomère lors de la contraction musculaire. Disponible sur : https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/Cours/PHYSIOLOGIE_MUSCLE.pdf
- Figure 7 : Mécanisme moléculaire lors de la contraction musculaire. Disponible sur : https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/Cours/PHYSIOLOGIE_MUSCLE.pdf
- Figure 8 : Molécule d'ATP. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Adénosine_triphosphate#/media/Fichier:ATP_structure.svg
- Figure 9 : Système ATP-PCr dans une cellule musculaire. (Jean-Paul Doutreloux 2013)
- Figure 10 : Système glycolytique dans une cellule musculaire. (Jean-Paul Doutreloux 2013)
- Figure 11 : Cycle de Krebs (Jack H. Wilmore 2017).
- Figure 12 : Structures chimiques des principaux disaccharides. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Diholoside>
- Figure 13 : Structure des vingt acides aminés. Disponible sur : <https://sites.google.com/site/svtblaye/cotten/ac2-0/chapitre-2---pour-en-savoir-plus>
- Figure 14 : Boisson de l'effort (Fabrice Kuhn 2012).

- Figure 15 : Localisation des principales pathologies en course à pied.
- Figure 16 : Syndrome femoro-patellaire. Disponible sur : <https://chirostefoy.com/syndrome-femoro-patellaire>
- Figure 17 : Syndrome de la bandelette ilio-tibiale. Disponible sur <https://www.sport-orthese.com/blog/zoom-sur-le-syndrome-du-tfl-essuie-glace-n62>
- Figure 18 : Tendinopathie rotulienne. Disponible sur : https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Jumpers_knee.jpg
- Figure 19 : Face arrière d'un genou représentant les ménisques. Disponible sur : <http://www.institut-genou.com/menisque-interne-genou.html>
- Figure 20 : Fasciite plantaire et épine calcanéenne. Disponible sur : <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-osseux,-articulaires-et-musculaires/maladies-du-pied/fasciite-plantaire>
- Figure 21 : Tendinopathie d'achille. Disponible sur : <https://chirurgiedupied.net/lesions-du-tendon-d-achille.html>
- Figure 22 : Syndrome de stress tibiale. Disponible sur : <https://www.merckmanuals.com/fr-ca/accueil/multimedia/figure/périostites-tibiales>
- Figure 23 : Anatomie de la cheville. Disponible sur : <https://www.orthopolerenaion.fr/cheville/>
- Figure 24 : Entorses de la cheville. Disponible sur : <https://www.chirurgie-orthopedique-paris.com/pathologies/entorse-de-la-cheville/#entorse-de-la-cheville-definition>
- Figure 25 : Anatomie du membre inférieur représentant le tendon quadricipital. Disponible sur : <https://www.sante-sur-le-net.com/maladies/rhumatologie/tendinite-du-genou/>

SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Titre : Le coureur à l'officine : conseils nutritionnels et prise en charge des principales pathologies

Résumé :

La course à pied est une activité physique de plus en plus pratiquée, tant en loisir qu'en compétition. Le pharmacien d'officine a un rôle déterminant dans l'encadrement du sportif dans le conseil nutritionnel ainsi que dans sa prise en charge traumatologique. La course à pied nécessite une certaine quantité d'énergie et cela passe par un plan alimentaire bien structuré, composé de macronutriments et de micronutriments. Comme toute pratique sportive, elle source de blessures et le pharmacien peut intervenir dans sa prise en charge. De par ses connaissances et son expertise, le pharmacien d'officine va ainsi permettre de répondre aux interrogations des pratiquants de course à pied sur le plan alimentaire afin d'améliorer leurs performances, mais également de conseiller des compléments alimentaires de qualité. L'activité physique est également bénéfique pour les patients atteints de pathologies chroniques et le pharmacien se doit de la promouvoir.

Mots clés : Course à pied – Nutrition – Blessures – Pharmacie d'officine