

**MÉMOIRE
DU DIPLÔME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES
DE PHARMACIE**

Soutenu devant le jury

Le 22 JUIN 2017

Par ***Appert Stéphane***

Conformément aux dispositions du Décret n° 2012-172 du 3 février

**THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

***Le sportif de la physiologie à la
nutrition, de la prise en charge
de la blessure au rôle du
pharmacien dans la lutte contre
le dopage***

Président du jury :
conférences

Madame Elise VERRON, Pharmacien Maître de
Universitaire, Faculté de Pharmacie de Nantes

Directeur de thèse :

Monsieur Alain PINEAU, Professeur de Toxicologie à la
faculté de Pharmacie de Nantes

Membres du jury :

Monsieur Bastien VENOT, Pharmacien
Monsieur Alexandre PRIME, Pharmacien

Remerciements :

Voilà le moment tant attendu, les remerciements.
Il n'est pas toujours aisé de trouver les bons mots et de n'oublier personne, mais je vais tâcher de faire mon possible.

Je tiens tout d'abord à remercier ma maman qui a tout mis en œuvre pour que notre fratrie puisse réussir dans la vie, et ce, malgré toutes les difficultés que la vie a pu mettre sur son chemin.

Je sais tous les sacrifices que tu as fait pour nous et ce que ça a pu te coûter, j'ose espérer qu'un jour je pourrai te rendre une infime partie de tout cela.
Merci à toi et à Dominique (papa) d'avoir fait la personne que je suis aujourd'hui.

Alex Haley a écrit « *Personne ne peut faire pour les enfants ce que font les grands-parents. Ceux-ci répandent une espèce de poudre d'étoiles sur leurs vies.* ». Voilà ce que vous avez réussi à faire sur ma vie m'apporter du bonheur, de quoi aider à me construire et bien plus encore de l'amour. Et pour tout ce que vous avez fait. Merci.

Julienne et Benjamin, quand on dit qu'on ne pas choisit sa famille, pour rien au monde je ne voudrais en changer. Que ce soit dans les bons ou les mauvais moments, on a toujours su rester soudé et ça rien ni personne ne pourra nous l'enlever.

Pierrick, Charles, François, Simon, Julien, Marion V, Marion T et tous les autres loulous, voilà près de 15 ans que nous nous sommes rencontrés et vous m'avez toujours encouragé dans ce que j'ai entrepris, vous avez su me pousser à donner le meilleur de moi-même. Malgré la distance vous serez toujours dans mon cœur. Magnolia Forever...

Lionel et Dorothée : si j'en suis là, c'est grâce à vous. Un été à Noirmoutier, des soirées endiablées et une idée que vous m'avez mise en tête : faire pharmacie. Finalement, ça n'était pas une si mauvaise idée. Vous avez toujours été là pour me soutenir dans mes premiers pas (Pharmacie, Corpo, Faluche...).

L'ANEP, tant de temps donné pour aider les autres, mais aussi se faire plaisir en aidant les autres, en se découvrant une passion pour l'évènementiel.

Ma Crit Team : Axel, Marie, Evariste, Héloïse et surtout Baptiste, Erwann, Florence Hélène et Delphine qui sont devenu plus que des copains, des amis ! Très certainement le moment le plus marquant de mes études. Une bien belle équipe pour un si beau projet qui nous apporter autant de bonheur que de tristesse. De ce que je garderai de cet évènement, c'est qu'il m'a fait grandir et m'a permis découvrir des personnes exceptionnelles.

Je remercie également tous les autres pharmaciens de Nantes avec qui j'ai eu l'honneur de partager soirées, week-end... : Alexandre, Hugues-Olivier, Romain, Alix, Mika, Camille, Alice, Pierre, Pacam,...

La corpo, les études de pharmacies, servent également à se faire un réseau, à créer des connexions. Et je pense que ce côté j'ai pu profiter pleinement de celles-ci. Mes longues, très longues années de pharmacies m'ont aussi permis de rencontrer des gens que je n'aurai certainement jamais rencontrés sinon et qui sont devenus désormais des proches.

Merci, Thomas, Florentin, Marien, Vincent,, Aleksandra, Stéphanie, François-Xavier, Jonathan, Gaétan, Florent ,Benoît, Benjamin, Sophie, Emilie, Hakima et tous les autres

Merci à mon équipe de la pharmacie Pharmavance Paris X avec qui j'ai pu vivre 2 années en officine extraordinaires. La Dream Team des équipes.

Comme je vous l'avais dit, j'y ai gagné de l'expérience, mais aussi la connaissance de personnes qui sont devenues désormais plus que de simples collègues.

Merci à Dalila, Eric, Fahad, Mehmet et Sozdar.

Merci à mon petit Jeff pour avoir été, depuis le début jusqu'à aujourd'hui, présent.

D'avoir toujours su trouver les mots pour me remotiver, m'engueuler quand il le fait et avoir, accepté, s'il avait pu, d'être dans mon jury !

Merci à Bastien mon coloc. On ne venait pas de la même ville, nous n'étions pas censé nous rencontrer et pourtant... Quelle rencontre. Un coloc incroyable, un voyage en Australie (avec Thomas) inoubliable et une amitié pour la vie.

Merci à Alexandre avec qui nous avons partagé de bons moments sportifs, culinaires à soutenir la puissance de l'homéopathie dans l'arsenal thérapeutique. Merci également de m'avoir fait découvrir Ludovic Kerzic qui fut une source de motivation et d'inspiration.

Merci aux Dr Alexandre Prime et Dr Bastien Venot d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Merci à monsieur Pineau d'avoir encadré la rédaction de la thèse, d'avoir su apporter les corrections nécessaires afin que cette thèse puisse atteindre son but et merci à lui pour son efficacité et sa rapidité. Merci également à lui pour tout ce qu'il aura pu m'apporter lorsqu'il était doyen de la faculté de pharmacie.

Merci à Elise Verron pour avoir accepté de devenir présidente de mon jury.

Je finirai par une citation qui résume parfaitement ce que je suis, d'un auteur que j'aime particulièrement : John Steinbeck :

« A mon avis lorsque l'on est confronté à des choix que ce soit en actes ou en pensées, gardons à l'esprit que nous sommes mortels. Et tachons de vivre de manière à ce que personne n'ait à se réjouir de notre mort. »

Table des Matières

INTRODUCTION

PARTIE I : DE LA PHYSIOLOGIE A LA NUTRITION CHEZ LE SPORTIF

1.1. RAPPELS PHYSIOLOGIQUES	10
1.1.1. <i>PHYSIOLOGIE DU MUSCLE</i>	10
1.1.1.1. Les muscles squelettiques	10
1.1.1.2. Différentes fibres musculaires	13
1.1.1.2.1. Fibres Rouges de type I	13
1.1.1.2.2. Fibres Blanches glycolytiques rapides de type IIa	13
1.1.1.2.3. Fibres Roses dites oxydatives rapides de type IIb	14
1.1.1.2.4. Bilan des différentes fibres musculaires.....	14
1.1.1.3. La contraction du muscle strié	14
1.1.1.4. Le métabolisme au niveau musculaire	16
1.1.1.4.1. Métabolisme de base	16
1.1.1.4.2. Provenance de l'énergie.....	17
1.2. LES MACRONUTRIMENTS SOURCE D'ÉNERGIE.....	23
1.2.1. <i>LES GLUCIDES</i>	23
1.2.1.1. Définition	23
1.2.1.2. Régulation dans l'organisme	24
1.2.1.3. Classement des aliments	26
1.2.1.3.1. L'index glycémique ou IG	26
1.2.1.3.2. La Charge Glycémique ou CG	27
1.2.2. <i>LES LIPIDES</i>	28
1.2.2.1. Définition	28
1.2.2.2. Répartition des lipides dans les aliments	30
1.2.2.2.1. Les graisses néfastes	31
1.2.2.2.2. Les acides gras saturés	31
1.2.2.2.3. Les acides gras insaturés	33
1.2.3. <i>LES PROTEINES</i>	37
1.2.3.1. Définition	37
1.2.3.2. Répartition des protéines dans les aliments.....	41
1.3. LES MICRONUTRIMENTS	43
1.3.1. <i>LES VITAMINES</i>	43
1.3.2. <i>LES MINERAUX</i>	46
1.3.3. <i>LES OLIGOELEMENTS</i>	49
1.4. L'HYDRATATION	51
1.4.1.1. Les origines des pertes d'eau.....	52
1.4.1.1.1. La transpiration	52
1.4.1.1.2. La Respiration.....	53
1.4.1.1.3. L'élimination fécale	53
1.4.1.1.4. Élimination urinaire.....	53
1.4.1.2. Apport en eau	54
1.4.1.2.1. Absorption.....	54
1.4.1.2.2. Avoir une hydratation adaptée à la durée de l'effort	55
1.4.1.2.3. Boissons de l'effort.....	58
1.5. LES RÉGIMES SPORTIFS	60
1.5.1. <i>LE REGIME PALEOLITHIQUE OU REGIME PALEO</i>	60
1.5.2. <i>REGIME DISSOCIE SCANDINAVE</i>	62
1.5.3. <i>REGIME DISSOCIE MODIFIE</i>	63
1.5.4. <i>CONCLUSION</i>	64

1.6. LES COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES	65
1.6.1. LA CAFFEINE	66
1.6.2. LA CREATINE	67
1.6.3. L'ACIDE LINOLEIQUE CONJUGUE (CLA).....	68
1.6.4. LES ACIDES AMINES RAMIFIEES	69
1.6.5. LA CARNITINE	71
1.6.6. LA L-ARGININE.....	72
1.6.7. LA L-CITRULLINE.....	74
1.6.8. LA TAURINE	75
1.6.9. LA WHEY ET AUTRES COMPLEMENTS PROTEIQUES.....	76
1.6.9.1. Les protéines à assimilation rapide : Protéine de Lactosérum ou Whey protein	76
1.6.9.2. Protéines à assimilation moyenne.....	77
1.6.9.3. Protéines à assimilation lente	77
1.6.10. LES PLANTES.....	79
1.6.10.1. Le ginseng	79
1.6.10.2. Le thé vert.....	79
1.6.10.3. Le guarana.....	80
1.7. CONCLUSION.....	80

PARTIE II : PRISE EN CHARGE DE LA BLESSURE DU SPORTIF

2.1. LES DIFFÉRENTS TYPES DE BLESSURES	83
2.1.1. LES BLESSURES D'ORIGINES MUSCULAIRES	83
2.1.1.1. Crampe musculaire.....	83
2.1.1.1.1. Origines	83
2.1.1.1.2. Signes cliniques et diagnostic.....	84
2.1.1.1.3. Traitements - Conseils à l'officine	85
2.1.1.2. Les Contractures	87
2.1.1.2.1. Origine et signes cliniques.....	87
2.1.1.2.2. Traitements - Conseils à l'officine	87
2.1.1.3. Courbatures ou Douleurs musculaires d'Apparition Retardées	88
2.1.1.3.1. Origines	88
2.1.1.3.2. Signes cliniques	88
2.1.1.3.3. Traitements - Conseils à l'officine	88
2.1.2. LES BLESSURES D'ORIGINES TENDINO-LIGAMENTAIRES	91
2.1.2.1. L'entorse	91
2.1.2.1.1. Origines	91
2.1.2.1.2. Signes cliniques	92
2.1.2.1.3. Traitements - Conseils à l'officine	92
2.1.2.2. La tendinite	96
2.1.2.2.1. Origines :	96
2.1.2.2.2. Signes cliniques :	97
2.1.2.2.3. Traitements - Conseils à l'officine	97
2.1.3. LES BLESSURES D'ORIGINES OSSEUSES	99
2.1.3.1. La fracture osseuse aigüe	99
2.1.3.2. La fracture de fatigue.....	99
2.1.3.3. La périostite	99
2.2. CONCLUSION	101
2.2.1. ÉCHAUFFEMENT	101
2.2.2. ENTRAÎNEMENT ADAPTE.....	102
2.2.3. ÉTIREMENT	102
2.2.4. MATÉRIEL ADAPTE.....	103
2.2.5. UNE TECHNIQUE ADAPTEE	103

PARTIE III : PRISE EN CHARGE DU DOPAGE A L'OFFICINE

3.1. DÉFINITION DU DOPAGE	105
3.1.1. <i>TEXTE DE LOI ET DATE DE MISE EN PLACE</i>	<i>105</i>
3.1.2. <i>CLASSEMENTS DES PRODUITS DOPANTS.....</i>	<i>106</i>
3.1.2.1. Substances interdites en permanence (en et hors compétition)	106
3.1.2.1.1. S0 - Substances non approuvées.....	106
3.1.2.1.2. S1 - Agents anabolisants	107
3.1.2.1.3. S2 - Hormones peptidiques, facteurs de croissance, substances apparentées et mimétiques.....	107
3.1.2.1.4. S3 - Les bêta-agonistes.....	110
3.1.2.1.5. S4 - Les modulateurs hormonaux et métaboliques.....	111
3.1.2.1.6. S5 Les diurétiques et les agents masquants.....	113
3.1.2.2. Méthodes interdites en permanence (en et hors compétition)	113
3.1.2.2.1. M1 - Manipulation de sang ou de composants sanguins	113
3.1.2.2.2. M2 - Manipulation chimique et physique	114
3.1.2.2.3. M3 - Dopage génétique.....	114
3.1.2.3. Substances interdites en compétition.....	114
3.1.2.3.1. S6 - Les stimulants.....	114
3.1.2.3.2. S7 - Les narcotiques	114
3.1.2.3.3. S8 - Les cannabinoïdes	115
3.1.2.3.4. S9 - Les Glucocorticoïdes.....	115
3.1.2.4. Les substances interdites dans certains sports.....	116
3.1.2.4.1. P1 - L'alcool	116
3.1.2.4.2. P2 - Les bêta-bloquants.....	116
3.2. LE DOPAGE EN QUELQUES CHIFFRES	117
3.3. COMMENT LUTTER CONTRE LE DOPAGE A L'OFFICINE	119
3.3.1. <i>LEGISLATION DU PHARMACIEN.....</i>	<i>119</i>
3.3.2. <i>OUTILS MIS A DISPOSITION DU PHARMACIEN</i>	<i>121</i>
3.3.2.1. Campagne institutionnelle du conseil de l'ordre des pharmaciens	121
3.3.2.2. Sites internet informatifs	123
3.3.2.3. Applications pour Smartphone	124
3.3.2.4. Le Dossier Pharmaceutique (DP).....	125
3.3.2.5. La formation au DPC	126
3.3.2.6. Création d'une norme de sécurité pour les compléments alimentaires	126
3.3.3. <i>CONDUITE A TENIR.....</i>	<i>127</i>
3.3.3.1. Recevoir un patient à l'officine.....	127
3.3.3.2. Recevoir un sportif à l'officine.....	128
3.3.3.2.1. Identifier le sportif :	128
3.3.3.2.2. Traitements médicamenteux :	128
3.3.3.2.3. Les Autorisations d'Utilisation Temporaire :	128
3.3.3.2.4. Les compléments alimentaires :	129

CONCLUSION

ANNEXES

TABLES DES ILLUSTRATIONS	133
TABLE DES TABLEAUX	134
ABREVIATIONS	135
BIBLIOGRAPHIE.....	137

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'État, au travers du ministère de la Santé, met en place des campagnes de prévention afin de promouvoir les activités physiques dans le but de réduire l'obésité dans une population (<http://www.mangerbouger.fr>).

En effet comme la plupart des pays occidentalisés les populations ont tendance à se sédentariser, diminuer les activités physiques, avoir une alimentation déséquilibrée, ce qui provoque alors une augmentation de l'obésité.

Entre 1997 et 2009, la proportion de personnes obèses est passée de 8,5% à 14,5% ce qui représente pas moins de 6,5 millions de personnes¹.

L'impact des campagnes a provoqué une prise de conscience au sein de la population. Cela a entraîné une augmentation du nombre de personnes pratiquant le sport.

On peut voir cette très nette augmentation avec la pratique de la course à pied. En effet, le nombre de personnes pratiquant la course de façon régulière est passé de 6 millions en 2010 à 16 millions en 2015 soit une augmentation d'environ 29% par an.

Les runners par tranche d'âge	15-24	25-34	35-49	50 et +	Ensemble
Répartition population en 2012	7 647 419	7 809 617	12 936 822	19 081 235	65241241
Répartition population en 2014	8 958 136	9 359 977	13 166 602	20 075 773	66317994
Nombre de runners 2012	1 620 000	1 552 500	2 070 000	2 265 000	7 500 000
Nombre de runners 2014	4 320 984	1 779 532	2 010 000	1 889 485	10 000 000
Evolution du nombre de runners	166,73%	14,62%	-2,90%	-16,58%	33,33%

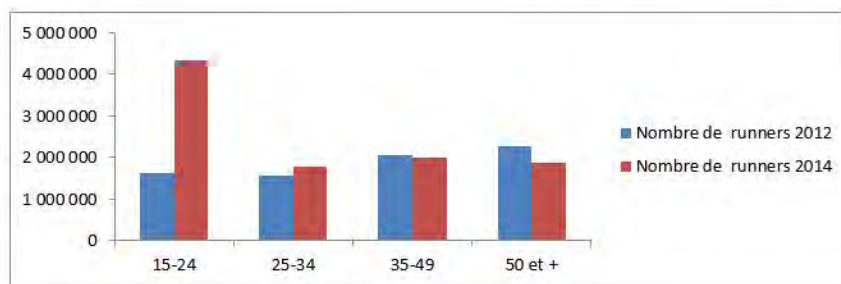


Figure 1: Répartition des runners par tranche d'âge en 2014²

De même, les salles de musculation ont vu leur taux de fréquentation exploser. Hormis l'augmentation de motivation de la population, cette augmentation peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- une évolution des prix proposés ;
- des moyens de communication augmentés des salles (enseignes) ;
- Amélioration du design et de l'ambiance des salles de sport ;

Cette augmentation de pratique sportive va s'accompagner d'une volonté de la part des pratiquants d'améliorer leurs performances, leur morphologie rapidement, parfois trop, et très souvent sans une réelle formation.

Cette méconnaissance et ce manque d'encadrement vont parfois provoquer des accidents, des blessures.

¹ Enquête épidémiologique ObEpi - Roche 2009

² FFA, statistiques et usages de la courses à pied, février 2015

L'empressement de certains va alors les pousser à se tourner vers le dopage.

Le pharmacien est le professionnel de santé le plus accessible. Avec près de 22 000 pharmacies sur le territoire français, la possibilité de pouvoir le voir sans rendez-vous et la gratuité de l'écoute, cela fait du pharmacien un maillon primordial dans la chaîne de l'accompagnement du sportif qu'il soit professionnel ou amateur.

Afin de pouvoir parfaire mes connaissances et pour réaliser cette thèse, j'ai décidé de prendre cette année des cours de nutrition du sportif auprès d'un organisme agréé : SHOWACADEMY accrédité Continuing Professional Development (DPC). Ainsi beaucoup de chiffres qui seront présentés dans la première partie et non référencés proviendront de ces cours.

L'objectif de cette thèse est de pouvoir proposer une prise en charge globale du sportif de la physiologie de son organisme à la nutrition, de la prise en charge des blessures à la gestion de la lutte contre le dopage à l'officine.

Ainsi, je développerai, dans un premier temps, la prise en charge nutritive du sport avec des rappels physiologiques, une étude des macronutriments, des micronutriments, des régimes qui peuvent être utilisés par le sportif et enfin des compléments alimentaires dédiés au sportif.

Ensuite, nous verrons la prise en charge des différentes blessures à l'officine qu'elles soient d'origines : musculaires, tendino-ligamentaires ou osseuses.

Enfin, nous verrons comment le pharmacien peut aider à la prévention du dopage chez le sportif avec l'ensemble des outils mis à sa disposition.

PARTIE I

PRISE EN CHARGE DU SPORTIF DE LA PHYSIOLOGIE A LA NUTRITION

La nutrition du sportif représente une partie non négligeable, voire primordiale, dans le processus d'amélioration de ces performances.

En 2003, le Comité International Olympique (C.I.O) admettait, lors d'une conférence de consensus sur la nutrition dans le sport que « *la quantité et la composition d'aliments ingérés, ainsi que le moment où ils sont ingérés, peuvent influencer profondément les performances sportives. De bonnes pratiques alimentaires aideront les athlètes à s'entraîner de façon intensive, à récupérer rapidement et à s'adapter plus efficacement, avec moins de risques de blessures ou de maladies ; les athlètes devaient adopter un régime alimentaire spécifique avant et pendant la compétition afin de pouvoir accroître au maximum leurs performances* ».

Ce qui nous permet d'avancer le fait qu'une nutrition adaptée permettra d'aider le sportif à atteindre ses objectifs et à améliorer ses performances de façon naturelle.

Afin de pouvoir expliquer cela, il nous faudra d'abord comprendre le métabolisme de l'organisme.

En effet pour mieux comprendre comment cette nutrition va avoir un impact sur les performances, il nous faudra d'abord remettre dans le contexte les relations qu'il peut y avoir entre nutrition et fonctionnement de l'organisme.

C'est pourquoi dans une première partie nous verrons comment fonctionne l'organisme lors d'un effort au travers des rappels physiologiques.

Nous verrons ensuite quelles sont les sources d'énergie dans l'organisme au travers des macronutriments, le rôle des micronutriments et de l'hydratation.

Puis nous verrons les principaux régimes que les sportifs pourront être amenés à faire et enfin nous étudierons l'arsenal officinal disponible au travers des principaux compléments alimentaires.

1.1. RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Afin de pouvoir prendre en charge le sportif de manière optimale, il est important de comprendre comment l'organisme fonctionne. C'est pourquoi dans cette partie nous allons faire un rappel sur la physiologie du muscle avec les mécanismes mis en jeu lors de la contraction.

1.1.1. PHYSIOLOGIE DU MUSCLE

1.1.1.1. Les muscles squelettiques

Dans le cadre de la pratique sportive, nous ne parlerons que des muscles squelettiques qui sont les muscles principaux qui sont majoritairement sollicités lors d'un effort.

Le muscle strié squelettique est un muscle qui, en étant fixé au squelette *via* le tendon, va pouvoir permettre le mouvement dans une direction bien définie et ainsi avoir une fonction essentielle dans la contraction.

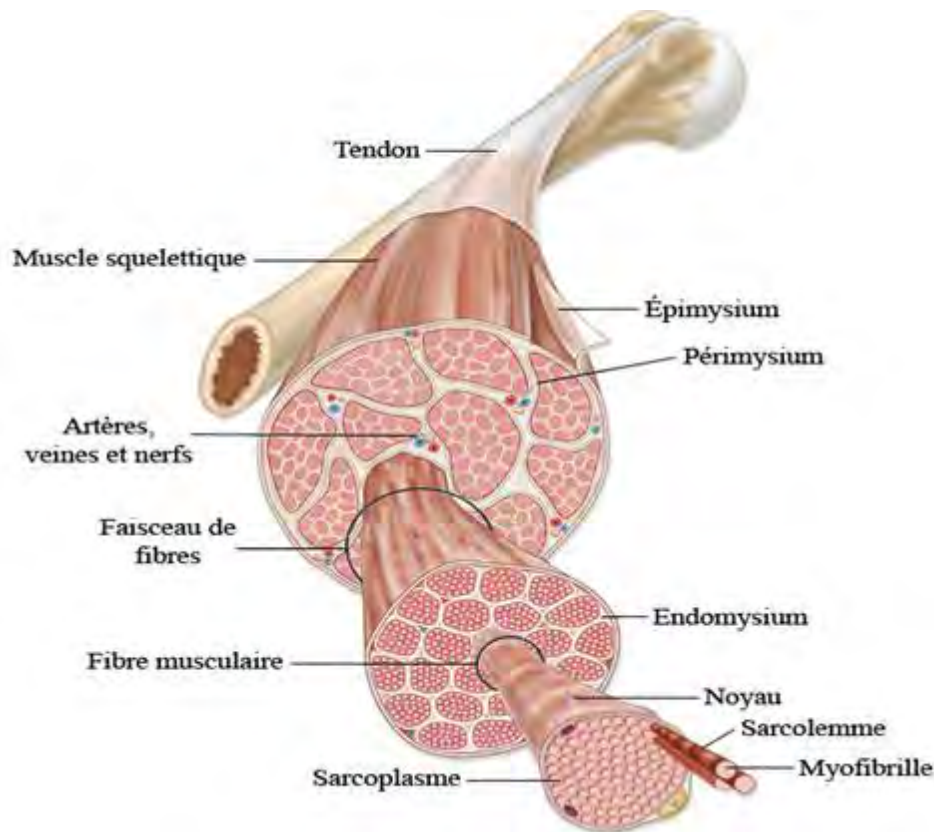


Figure 2 : Schéma d'un muscle strié³

Celui-ci est constitué de :

- Epimysium : membrane recouvrant les muscles (aponévrose) ;
- Perimysium : gaine de nature conjonctive permettant de séparer les faisceaux de fibres, elle contient également les artères, les veines et les nerfs ;
- Faisceau de fibres : il se décompose lui-même en :
 - Endomysium : gaine de nature conjonctive permettant de séparer les fibres musculaires les unes des autres ;
 - Fibres musculaires composées de :
 - Sarcolemme : membrane de la cellule musculaire qui entoure le sarcoplasme ;
 - Sarcoplasme : cytoplasme de la fibre musculaire. Il renferme les myofibrilles, mais aussi des sarcosomes (mitochondries), ainsi que du réticulum sarcoplasmique ;
 - Myofibrille : chaîne linéaire composée de sarcomères qui sont les unités contractiles du muscle.

Lorsqu'on décide de zoomer davantage afin d'observer ce qui se passe plus précisément au sein de la structure de myofibrille :

³ <http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/cellule-musculaire-2.html>

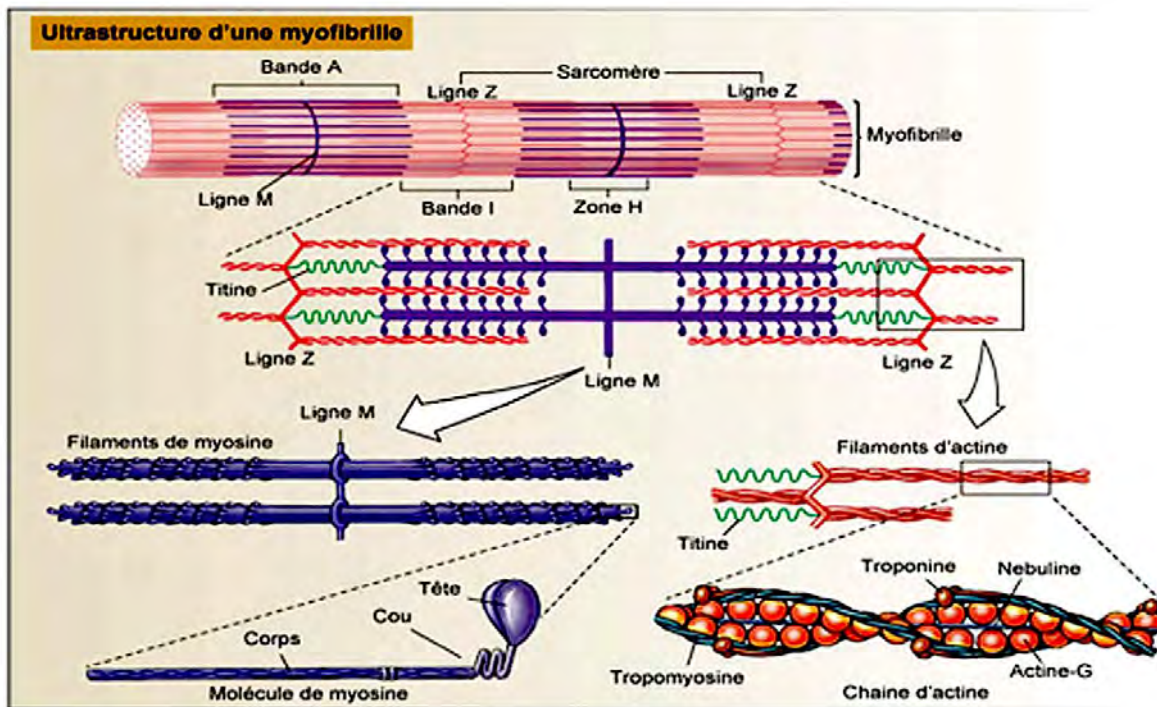


Figure 3 : Ultrastructure d'une myofibrille⁴.

On observe que la myofibrille est constituée de plusieurs disques :

- Le disque A va correspondre à la bande sombre qui est constituée de myosine et d'actine ;
- Le disque I correspond à la bande claire constituée uniquement d'actine ;
- La zone H va correspondre à la zone constituée uniquement de myosine ;
- La bande M est la ligne centrale de la zone H et, par là même, de tout le sarcomère ;
- Le disque Z est situé au centre du disque I et correspond à la séparation des différents sarcomères.

La composition protéique des sarcomères permet à ceux-ci d'être stabilisés.

Les **microfilaments d'actine** ont leurs extrémités chargées positivement au niveau du disque Z et leurs extrémités chargées négativement au niveau du centre du sarcomère.

La **tropomyosine** est une protéine fibreuse constituée d'une sous-unité alpha et d'une sous-unité bêta. Elle se loge dans la gouttière du microfilament d'actine et s'enroule autour de celui-ci afin de le stabiliser.

La **myosine type 2** s'assemble automatiquement en un filament bipolaire qui va s'insérer entre les microfilaments d'actine.

La **nébuline** s'insère au niveau du disque Z. En s'associant aux microfilaments d'actine, elle permet de contrôler leurs assemblages et détermine leurs longueurs.

La **troponine** est une substance protéique qui, en raison de sa sensibilité au calcium, va entrer dans la régulation de la contraction.

La **tropomoduline** va se retrouver au niveau des extrémités positives des microfilaments et va avoir pour rôle de les protéger contre la dépolymérisation.

⁴ http://www.corpshumain.ca/images/Muscle_myofibrille_fr.jpg

L' **α -actinine**, qui permet aux microfilaments d'actine de s'ancrer, se situe au niveau des disques Z.

Les **protéines cap Z** vont, comme la tropomoduline, protéger les extrémités positives des microfilaments contre la dépolymérisation.

Enfin, la **titine** va s'ancrer à la myosine afin de relier la ligne M aux disques Z.

1.1.1.2. Différentes fibres musculaires

Au sein des fibres musculaires, on va distinguer 3 types de fibres qui vont avoir un comportement et des sollicitations différents.

1.1.1.2.1. **Fibres Rouges de type I**

Les fibres rouges sont peu puissantes et possèdent un petit diamètre.

Elles sont dotées d'une forte vascularisation et d'une forte densité mitochondriale.

La contraction se déroule lentement, mais sur une longue période.

Ces fibres utilisant majoritairement la voie aérobie, il n'y aura donc que peu ou pas d'acide lactique produit.

La source d'énergie va provenir aussi bien du glycogène que des acides gras.

Cependant, les réserves en glycogène sont faibles. C'est pourquoi très vite ce seront les acides gras, présents en quantité appréciable sous forme de gouttelettes lipides intracellulaires, qui serviront de carburant.

Les fibres de type I possèdent une forte capacité de résistance à l'effort. Elles seront alors logiquement sollicitées lors des activités d'endurance et lors des mouvements répétés et lents.

1.1.1.2.2. **Fibres Blanches glycolytiques rapides de type IIa**

Les fibres blanches ont un diamètre important.

Étant fortement innervées, elles auront alors une capacité de contraction rapide et vont pouvoir répondre rapidement à la sollicitation. Cette contraction sera cependant de courte durée.

Les fibres blanches sont, à la différence de fibres rouges, peu vascularisées et peu endurantes.

Elles vont intervenir lors des mouvements brusques comme un saut ou la levée d'un poids.

Elles ne contiennent que peu de mitochondries ce qui fait que leur principale source d'énergie est le glycogène *via* la phase anaérobie lactique ce qui induit alors la production d'acide lactique.

1.1.1.2.3. Fibres Roses dites oxydatives rapides de type IIb

Les fibres roses ont des propriétés intermédiaires qui sont entre les fibres rouges et les fibres blanches.

Elles seront mobilisées lors des mouvements répétitifs rapides et pour la locomotion à rythme soutenu.

1.1.1.2.4. Bilan des différentes fibres musculaires

Tableau I : Bilan sur les fibres musculaires⁵.

	Fibres ST I	Fibres FTa IIa	Fibres FTb IIb
Diamètre	Faible	Important	Important
Couleur (Myoglobine)	Rouge (élevée)	Rose (intermédiaire)	Blanche (faible)
Vascularisation	Importante	Intermédiaire	Faible
Propriétés contractiles	Faible et longue	Intermédiaire	Forte et brève
Activité ATPasique	+	+++	+++
Source ATP	Oxydation	glycolyse	Glycolyse
Enzymes anaérobies	Faible	Intermédiaire	Forte
Fatigabilité	+	++	+++
Enzymes Krebs	+++	++	+
Nbre Mitochondries	+++	++	+
Métabolisme	Aérobie	Mixte (A + G)	Glycolytique

1.1.1.3. La contraction du muscle strié

Au niveau physiologique, la contraction du muscle va se dérouler par l'action de l'actine et de la myosine. Ce mécanisme se déroule en plusieurs étapes.

⁵ Méthodes de musculation. Planification et intérêt dans la pratique sportive Philippe Connes (MCU) Université des Antilles et de la Guyane

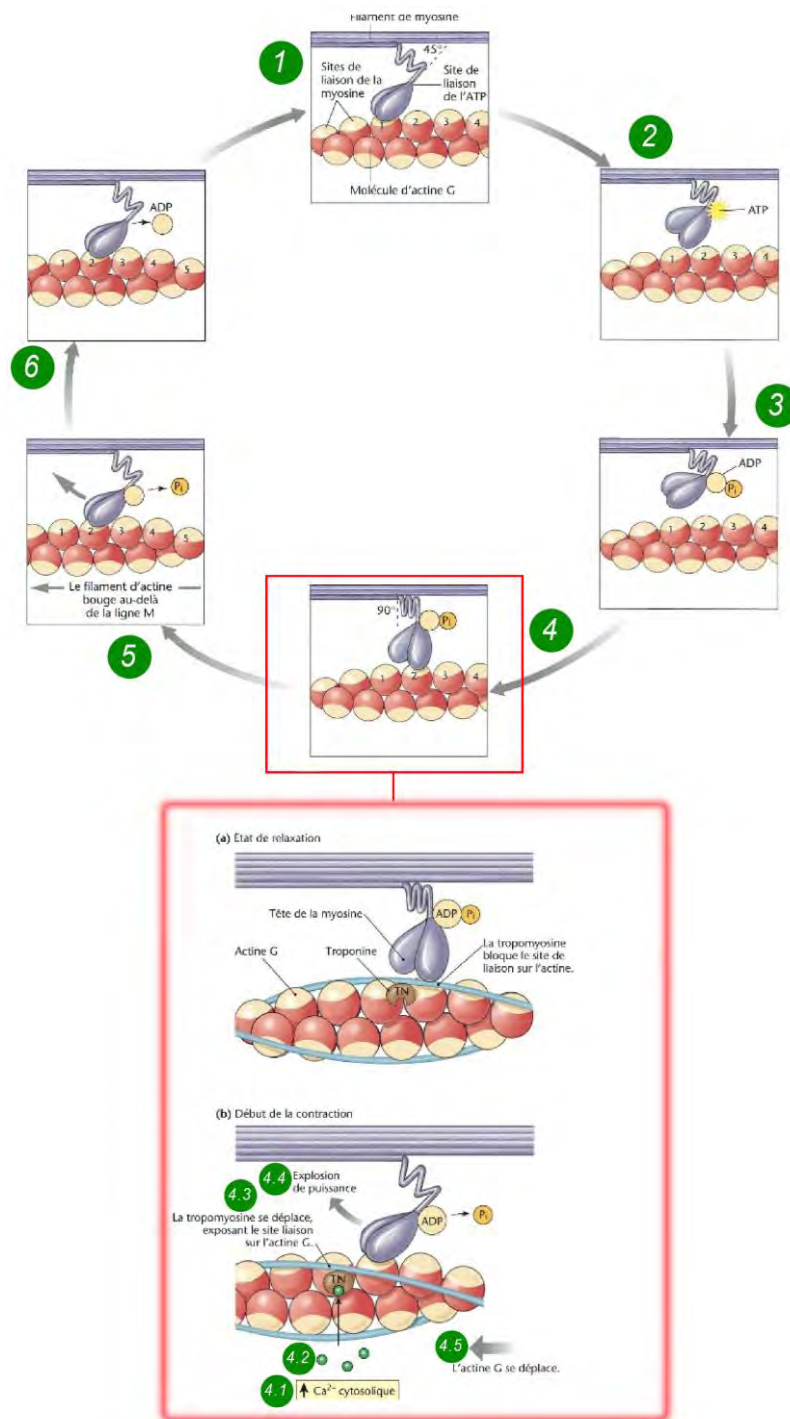


Figure 4 : Contraction du muscle par l'action de la myosine et de l'actine⁶

- 1 : Lien serré entre l'actine et la myosine à l'état rigide. Le pont fait un angle de 45° avec les filaments ;
- 2 : L'ATP se lie au niveau de myosine sur son site de liaison. La myosine va ensuite se dissocier de l'actine ;
- 3 : L'activité ATPasique de la myosine va hydrolyser l'ATP (cf. 1.1.1.4.2). L'ADP et l'ion phosphate formés vont rester liés à la myosine ;
- 4 : La tête de la myosine pivote et se lie faiblement à une nouvelle molécule d'actine. Le pont néoformé fait un angle de 90° avec les filaments ;

⁶ <https://lesbenzodiazepinesdanslorganisme.files.wordpress.com/2015/01/sans-titre-16.jpg>.

- 4.1 : le taux de Ca^{2+} augmente dans le cytosol ;
- 4.2 : le Calcium va se lier à la troponine ;
- 4.3 : Le complexe troponine- Ca^{2+} retire la tropomyosine du site de liaison de l'actine G ;
- 4.4 : La myosine se lie alors à l'actine et achève la libération d'énergie ;
- 4.5 : le filament d'actine se déplace alors ;
- 5 : La libération du Pi initie la libération de puissance. La tête de la myosine pivote sur sa charnière poussant avec elle le filament d'actine ;
- 6 : À la fin de la libération de puissance, la tête de myosine libère de l'ADP et revient à son état de lien rigide serré.

1.1.1.4. Le métabolisme au niveau musculaire

Le corps humain fonctionne en permanence, il a donc constamment besoin de produire de l'énergie. Pour pouvoir assurer l'apport en énergie, on parlera de métabolisme basal.

Lors d'un effort, l'ensemble de l'organisme va être sollicité afin de pouvoir trouver les réserves pour produire de l'énergie supplémentaire. Cette production utilisera trois voies qui auront chacune un intérêt particulier.

1.1.1.4.1. Métabolisme de base

Ce sont les besoins énergétiques dits « incompressibles » de l'organisme, c'est-à-dire l'énergie minimum quotidienne permettant à celui-ci de pouvoir assurer les fonctions quotidiennes de base.

Afin de pouvoir l'évaluer, on peut utiliser l'équation de Schofield⁷

Tableau II : Calculs de la dépense énergétique basale selon les équations de Schofield⁷

Années	Hommes	Femmes
10-18	(17,7 x poids en kg) + 659	(13,4 x poids en kg) + 693
18-29	(15,1 x poids en kg) + 692	(14,8 x poids en kg) + 487
30-59	(11,5 x poids en kg) + 873	(8,3 x poids en kg) + 846
60-74	(11,9 x poids en kg) + 700	(9,2 x poids en kg) + 687
75+	(8,4 x poids en kg) + 821	(9,8 x poids en kg) + 624

En ayant une bonne connaissance de son métabolisme basal, le sportif pourra adapter son rythme alimentaire afin de pouvoir fournir les apports nécessaires à la production d'énergie dont son organisme aura besoin.

⁷ Hum Nutr Clin Nutr. 1985;39 Suppl 1:5-41. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. Schofield WN.

1.1.1.4.2. Provenance de l'énergie

L'énergie est produite dans l'organisme par une molécule d'Adénosine Triphosphate (ATP) qui va être hydrolysée et libérer un ion phosphate, de l'Adénosine diphosphate (ADP) et une quantité d'énergie.

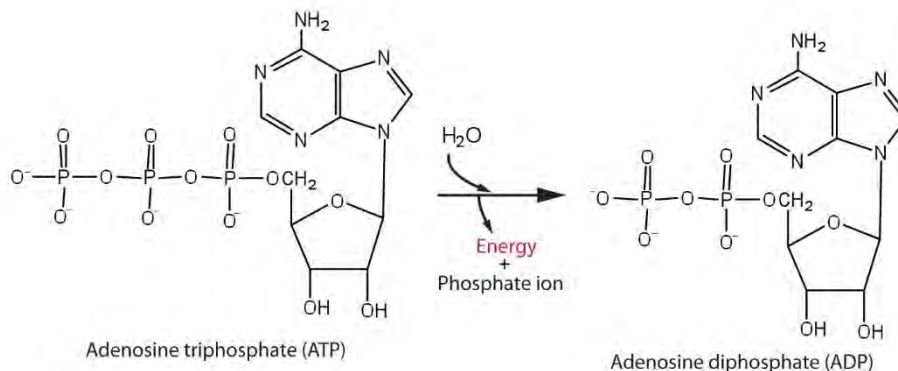


Figure 5 : Hydrolyse d'une molécule d'Adénosine TriPhosphate⁸

Il existe au niveau de l'organisme durant l'exercice 3 phases qui vont permettre la production d'énergie :

- La phase anaérobie alactique ;
- La phase anaérobie lactique ;
- La phase aérobie.

La phase Anaérobie alactique

Cette phase va se dérouler en premier lors d'efforts intenses et brefs et qui demandent le développement d'une puissance maximale en un temps réduit (de 3 à 15 secondes).

Elle se déroule sans oxygène et sans production d'acide lactique.

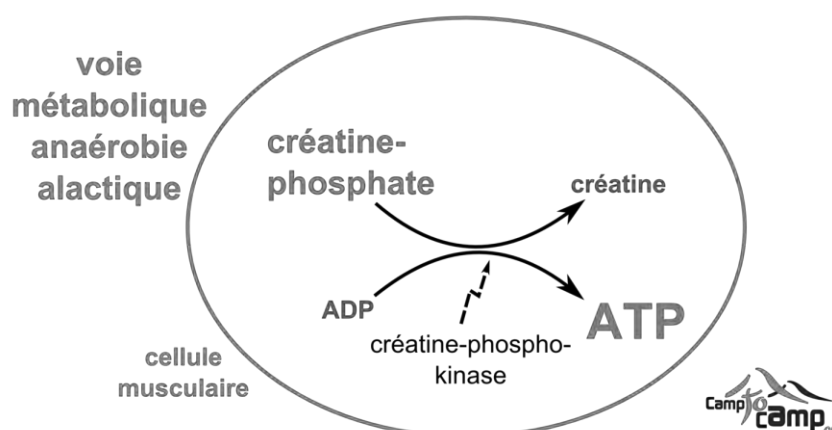


Figure 6 : Voie métabolique anaérobie alactique⁹.

⁸ http://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/section_23/7129ad4acf8ba59772ab4d1faac5783f.jpg

⁹ https://media.camptocamp.org/c2corg_active/1303571774_432923532Bl.png

Il faut savoir que dans le muscle la créatine phosphate (CrP) est 3 à 4 fois plus abondante que l'ATP. C'est donc à partir de cette molécule que va se faire la formation de molécules d'ATP rapidement utilisées durant l'effort intense.

Cette CrP va donc, *via* une enzyme : la créatine phosphokinase, phosphoryler l'ADP qui va alors libérer de la créatine et la molécule d'ATP. Cette ATP produira ensuite, comme mentionné précédemment, de l'énergie.

La régénération des réserves de CrP s'effectue très rapidement dès la fin de l'exercice, à partir de l'ATP sarcoplasmique qui est resynthétisé par la voie aérobie lors de la phase de repos.

La phase Anaérobie lactique

Cette voie est utilisée une fois la Créatine Phosphate est épuisée et la voie anaérobie alactique rendue nulle.

Elle a lieu pour des efforts de puissance élevée durant 15 secondes à 2 minutes.

Elle se passe sans oxygène tout comme la première voie évoquée, mais par contre produit de l'acide lactique.

Cette voie va utiliser le glycogène de l'organisme *via* la glycolyse. Celle-ci va alors déboucher sur la formation du pyruvate.

Par une première voie, celui-ci va former, *via* la lactate deshydrogénase, l'acide lactique qui ira, véhiculé par le sang (plasma), dans le foie où il sera retransformé en glucose (c'est un métabolite intermédiaire et non un déchet) en présence d'oxygène lors de la phase de repos.

Il servira également de tampon au sang et une dernière partie sera éliminée dans les urines.

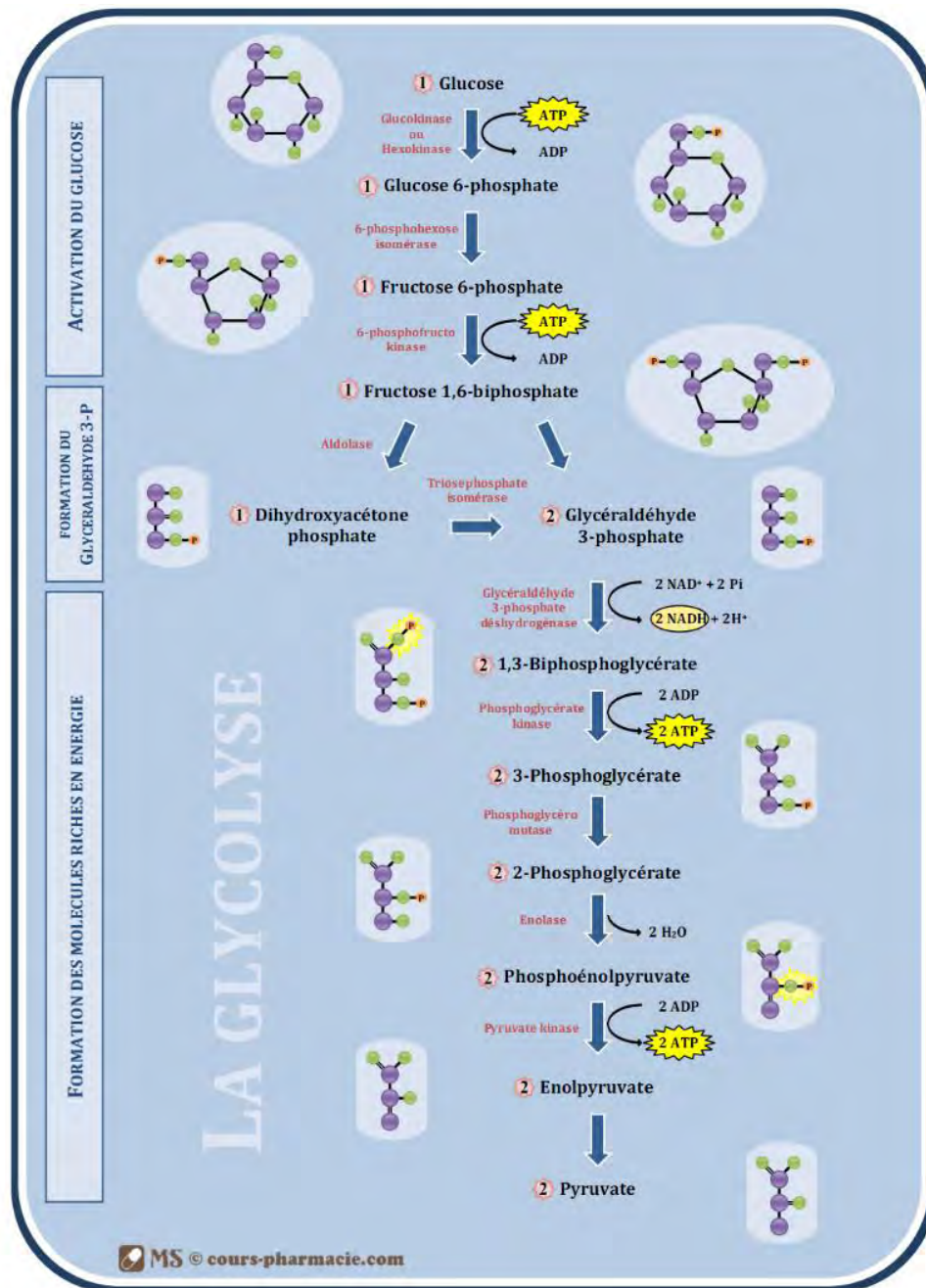


Figure 7 : Schéma de la glycolyse¹⁰

Phase aérobie

Cette phase va se dérouler en présence d'oxygène via une entité située dans les cellules musculaires : la mitochondrie.

Elle fait intervenir, d'une part, la voie de la glycolyse et, d'autre part, une voie utilisant les acides gras qui, par l'intermédiaire du cycle de Krebs se déroulant dans la cellule, permet de fabriquer une très grande quantité d'ATP (12 molécules d'ATP par cycle).

Afin de pouvoir rentrer dans la mitochondrie, l'acide gras doit être d'abord transformé :

¹⁰ <http://www.cours-pharmacie.com/biochimie/metabolisme-des-glucides.html>

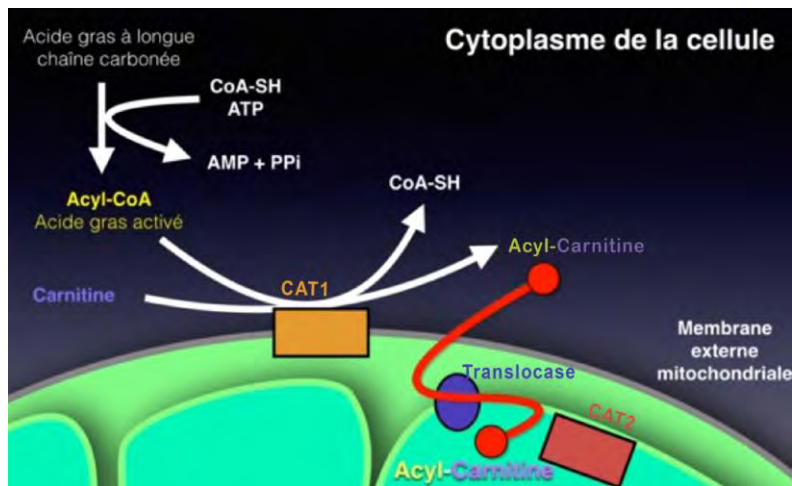


Figure 8: Transfert de l'acide gras dans la mitochondrie¹¹

L'acide gras ne peut pas pénétrer tel qu'il est dans la mitochondrie. Il va devoir être activé. Ce n'est qu'une fois activé qu'il va pouvoir passer la barrière membranaire avec l'aide de la carnitine et de la translocase (qui est une perméase).

La Carnitine Acyl-Transférase 2 (CAT2) va pouvoir libérer la carnitine de l'Acyl-Coenzyme A qui va alors pouvoir subir la β -oxydation qui va donner l'Acétyl-Coenzyme A.

Ce dernier servira alors de substrat pour le cycle de Krebs qui permettra l'obtention de nombreuses molécules d'ATP.

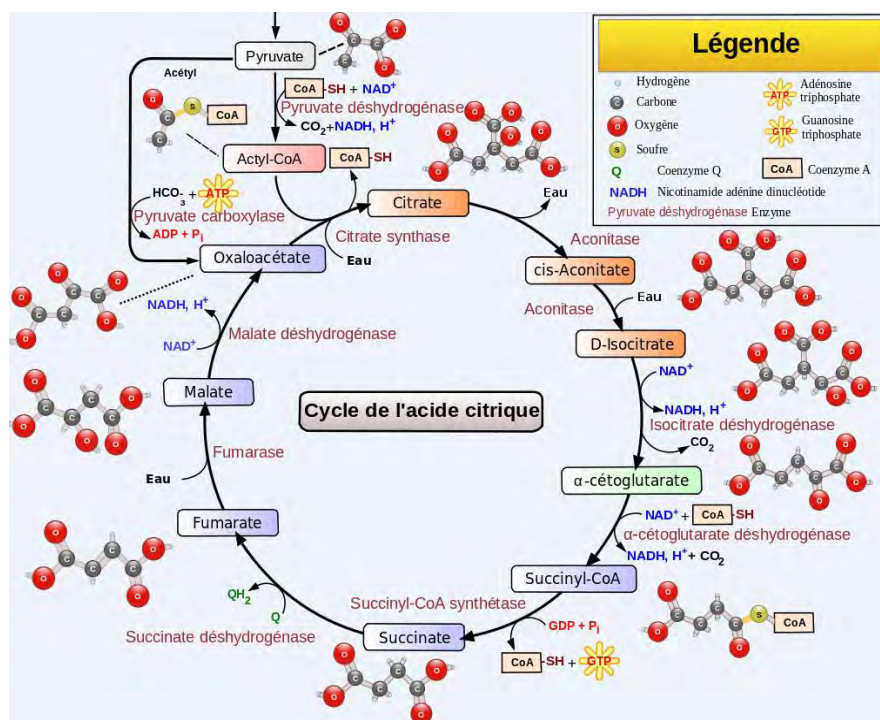


Figure 9: Cycle de Krebs¹²

¹¹ Capture d'écran : <https://www.youtube.com/watch?v=WX8sLclDyvw>

¹² www.cycledekrebs.fr

Avec cette explication, on peut alors comprendre comment la voie aérobie peut produire une énorme quantité d'ATP.

Cette voie s'accompagne également d'une production d'H₂O, de CO₂ et de chaleur.

L'intérêt de pouvoir utiliser les acides gras pour l'organisme réside dans le fait que c'est une réserve quasiment inépuisable qui permet également de préserver les réserves de glycogène qui, elles, sont épuisables rapidement.

De plus, cette voie permet une fabrication de près de 5 fois plus d'ATP que par la voie du glycogène, donc elle possède un meilleur rendement.

Cependant, sa mise en place prend plus de temps à l'organisme.

On parle de voie aérobie puisqu'elle mobilise de l'oxygène. C'est ce besoin d'oxygène qui va expliquer l'augmentation de la fréquence respiratoire durant l'effort (on augmente l'apport en oxygène et on augmente également l'évacuation de dioxyde de carbone, produit résiduel de la production d'énergie).

Résumé des trois voies

Pour résumer, les trois voies visent à pouvoir rendre le maximum d'énergie le plus rapidement possible tout en préservant les fonctions de base et les réserves.

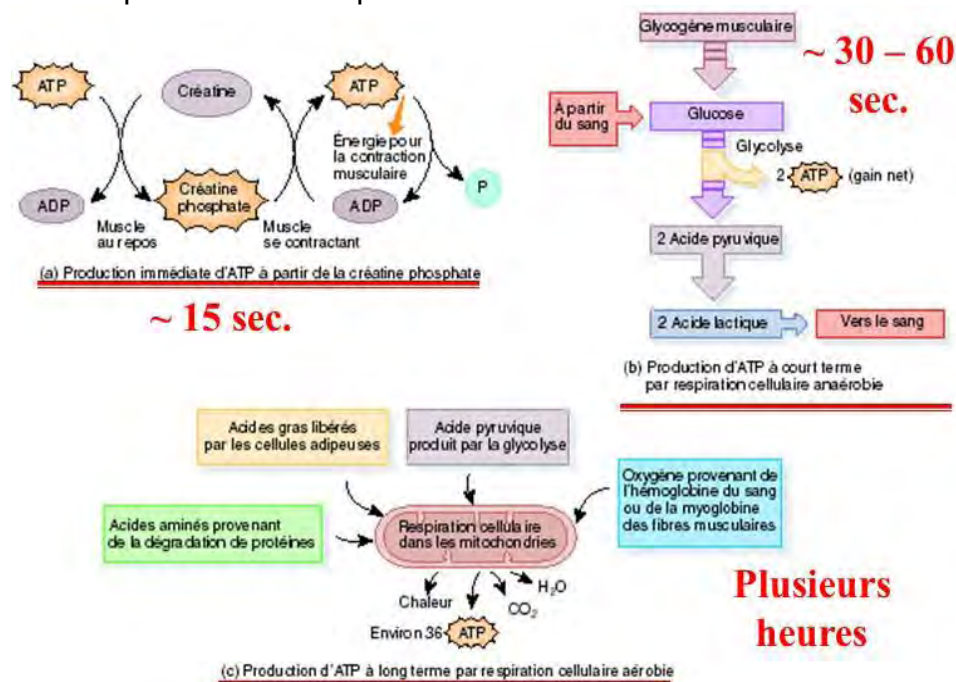


Figure 10: Différentes voies de production d'ATP de l'organisme¹³

Lors des deux premières phases de dépenses énergétiques, on aura une phase d'adaptation appelée « dette en oxygène ». Cette dette d'O₂ se définit par la quantité d'oxygène consommée en excès pendant la période de récupération par rapport à la période de repos. Autrement dit, comme on peut le voir sur la figure 11, on observe

¹³ Physiologie du muscle 1 ère Année médecine Faculté de médecine De Constantine Université 3 Constantine

des pics soudains de consommation en oxygène qui finissent par chuter aussi rapidement qu'ils ont augmenté.

Cette dette en oxygène tend à s'équilibrer à partir de 2 minutes et arriver à un équilibre à partir de 30 minutes d'effort. Le rendement énergétique de la voie aérobie est alors plus efficace.

C'est au bout de 30 minutes qu'il y a un « accrochage cardiopulmonaire », c'est-à-dire, le temps nécessaire afin que le cœur et les poumons puissent fournir, de manière équilibrée et instantanée, l'oxygène à la circulation sanguine et donc *in fine* aux muscles.

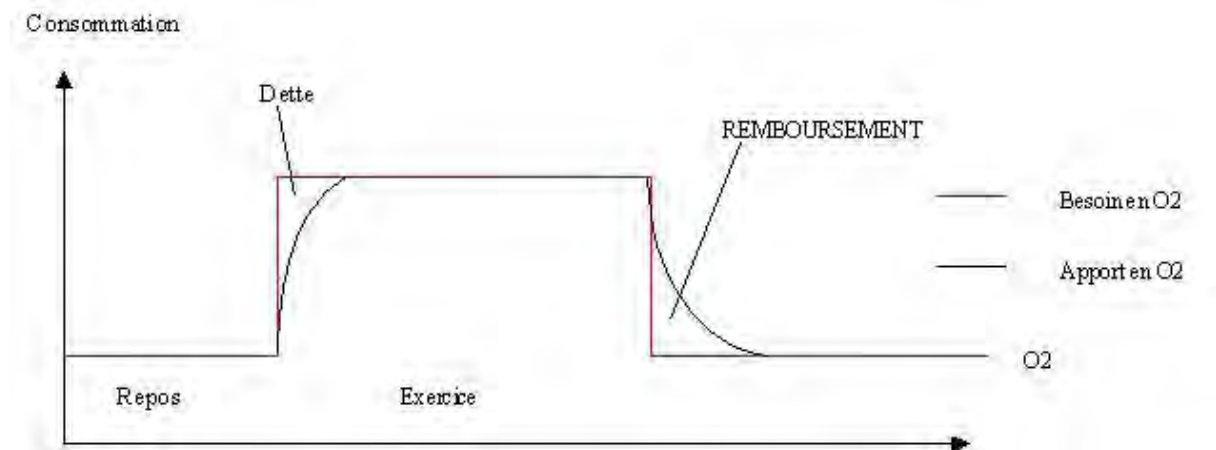


Figure 11 Dette en oxygène¹⁴

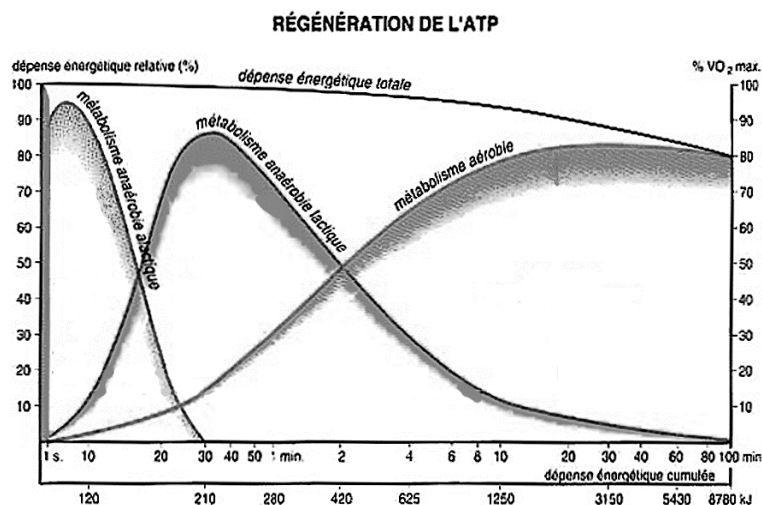


Figure 12: Schéma représentant la régénération de l'ATP en fonction de la dépense en O₂ et du temps¹⁵

¹⁴ <http://hockey56.chez.com/noframe/init04.html>

¹⁵ <http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/le-metabolisme-des-cellules-musculaires-spe.html>

1.2. LES MACRONUTRIMENTS SOURCE D'ÉNERGIE

Comme nous avons pu le voir dans la partie précédente, l'ensemble des voies de production d'énergie va avoir besoin d'ATP.

Afin concevoir cette ATP, l'organisme aura besoin des macronutriments constitués de glucides, lipides et protéines.

Ce sont des nutriments dont l'organisme aura besoin en grande quantité.

Nous allons étudier dans cette partie le rôle de ces nutriments ainsi que les sources où nous pouvons les retrouver dans l'alimentation.

1.2.1. LES GLUCIDES

1.2.1.1. Définition

Le sucre est un élément primordial pour l'organisme. Il va servir notamment au fonctionnement du cerveau (seule source d'énergie) et aux muscles.

Au niveau des sucres, on peut les distinguer en 2 catégories:

- Les glucides simples ;
- les glucides complexes.

Les glucides simples sont des hydrates de carbone soit :

- Des monosaccharides non hydrolysables et très solubles dans l'eau. il y a :
 - Le Glucose
 - Le Fructose
 - Le Galactose
- Des disaccharides formés par deux oses hydrolysables.
Il y a :
 - Le Lactose qui est composé du dimère de Glucose et de Maltose
 - Le Saccharose qui est composé du dimère de Glucose et de Fructose
 - Le Maltose qui est composé d'un dimère de Glucose

Les glucides complexes ou sucres complexes sont constitués par :

- L'amidon
 - Amylose
 - Amylopectine
- Les autres
 - La Cellulose
 - L'Hémicellulose
 - Les Pectines
 - Le Beta-glucans
 - Le Fructans
 - Les Gums
 - Les Mucilages

Ces entités sont constituées par des molécules de glucose ramifiées. Elles sont donc plus difficilement assimilables et digérables par l'organisme. On les appelle les fibres.

La digestion des fibres est plus complexe que pour les glucides simples en raison de leurs structures ramifiées. Cela permet aux aliments qui en sont composés d'avoir un index glycémique faible (cf. 1.2.1.3.1).

Les fibres qui sont solubles dans l'eau forment un gel visqueux à son contact. C'est le cas des pectines et des mucilages.

Celles qui sont insolubles dans l'eau peuvent améliorer la circulation de certains aliments et/ou augmenter le volume des selles ce qui est le cas de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine.

Ces fibres sont importantes, car, couplées à certains aliments, elles vont diminuer l'indice glycémique de ceux-ci.

1.2.1.2. Régulation dans l'organisme

L'organisme va, en permanence, chercher à maintenir un taux de glycémie (taux de sucre dans le sang) afin de pouvoir apporter ce sucre aux organes et maintenir ainsi une activité de base.

La valeur normale de la glycémie à jeun varie entre 0,70 et 1,10 grammes de glucose par litre de sang.

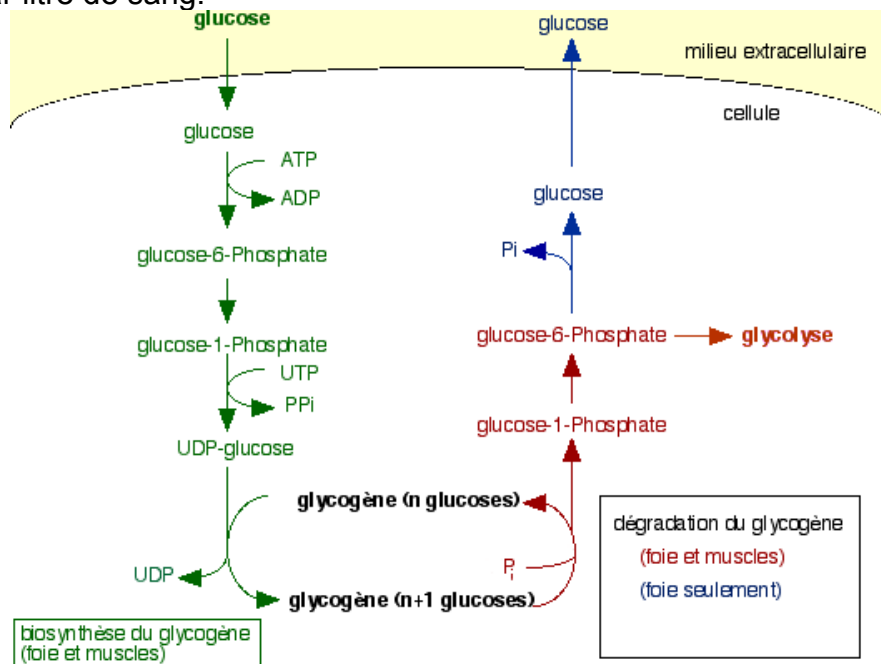


Figure 13: Glucides et production d'ATP¹⁶

Ce maintien est rendu possible par l'action de 2 hormones qui sont :

- **l'insuline** : produite par le pancréas. Elle va mettre en réserve le glucose sous forme de glycogène dans les cellules musculaires, les adipocytes et les hépatocytes via différents mécanismes.

¹⁶ https://planet-vie.ens.fr/sites/default/files/fig4_5.gif

Au niveau du glucose : elle va favoriser la glycogénèse et donc le stockage du glucose au niveau des muscles et du foie via la glycogénogenèse et l'inhibition de la glycogénolyse.

Au niveau des lipides : elle va activer la lipogenèse qui favorise le stockage du glucose sous forme d'acide gras.

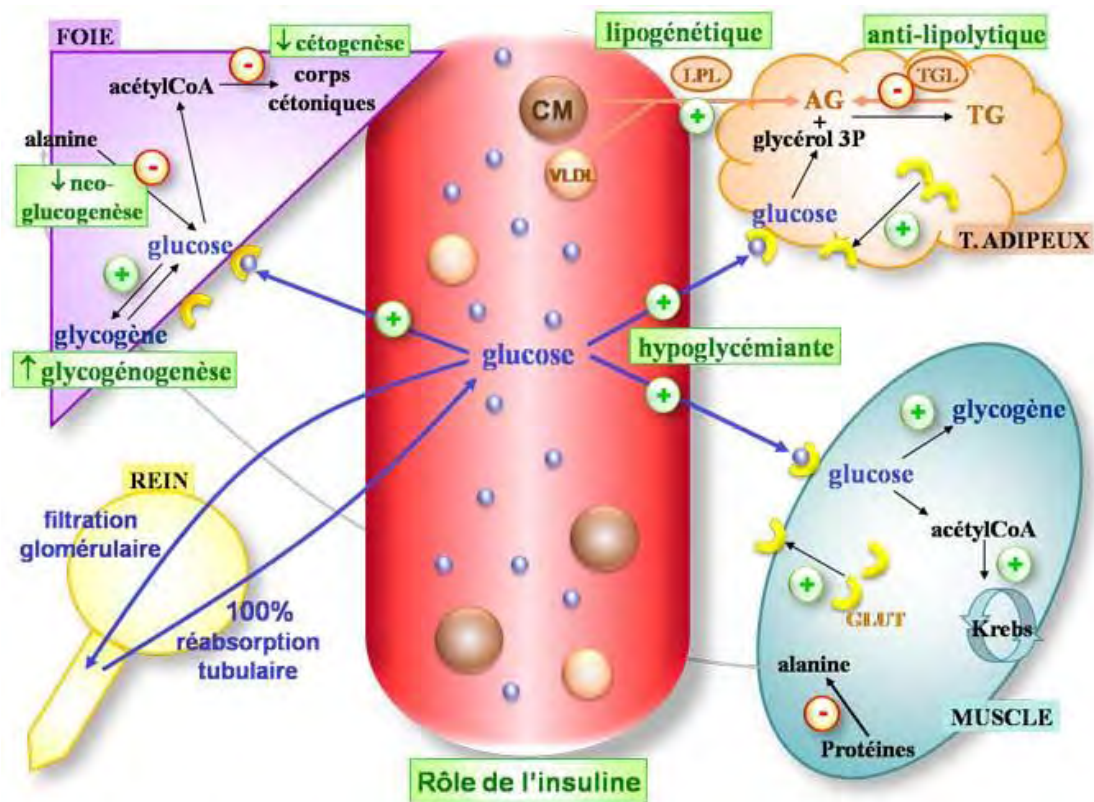


Figure 14: Rôles de l'insuline dans l'organisme¹⁷

- **Le glucagon** va permettre le déstockage de ce glucose à partir du glycogène notamment en période de jeun, il va :
 - augmenter le taux de glycémie ;
 - inhiber la glycogénogenèse et activer la glycogénolyse ;
 - activer la néoglucogenèse dans les hépatocytes ;
 - inhiber la lipogenèse et activer la lipolyse ;
 - produire des corps cétoniques.

Il est important de noter que certains aliments vont perturber la synthèse du glycogène :

- Les aliments frits ;
- Les viandes faisandées ou fermentées ;

¹⁷ http://www.memobio.fr/html/enseig/ens_bi_diab.html

- Les graisses cuites en trop grosses quantités, car elles sont difficiles à digérer. Le foie étant focalisé à produire la bile qui servira à émulsionner les lipides, il n'est plus en charge de la glycogénèse ;
- Les légumes à fort goût, fermentescibles ;
- L'alcool : le but de l'organisme va être de l'éliminer le plus rapidement possible. Du coup, il va stopper toutes les voies métaboliques et se concentrer sur l'alcool via le foie et les hépatocytes.

1.2.1.3. Classement des aliments

1.2.1.3.1. **L'index glycémique ou IG**

Durant plusieurs décennies, les professionnels de la nutrition avaient pour habitude de classer les aliments en aliments contenant des sucres « lents » et des sucres « rapides ».

Cette classification, désormais obsolète, ne reposait que sur une analyse chimique du nutriment (notion unique de glucide simple ou complexe, pénétrant plus ou moins rapidement dans le sang).

Les études récentes, dans les années 1970, menées par Crapo¹⁸ et Spaethe¹⁹ introduisent la notion **d'index glycémique (IG)** et celles-ci seront en 1981 affinées et approfondies par le Dr Jenkins^{20,21,22} qui proposera une première liste de 62 aliments classés²³.

C'est en 1995 que J.B Miller²⁴ publia une table internationale où il répertorie 600 aliments.

L'index glycémique est la propriété qui est donnée à un aliment d'élever la glycémie après ingestion par rapport à un standard de glucose pur en fonction du temps.

Lorsque l'index glycémique est élevé, cela signifie que le taux d'absorption du glucide correspondant induira une réponse glycémique élevée.

À l'inverse, un index glycémique bas signifiera que le taux d'absorption du glucide correspondant induira une réponse glycémique faible, voire dans certains cas insignifiante.

Cet index glycémique varie en fonction de l'état physique de l'aliment, du mode de cuisson ainsi que du mode de consommation.

Par exemple, la pomme, riche en fibres, va avoir un index glycémique faible en raison de la difficulté pour l'organisme de digérer les fibres de pectines qui sont

¹⁸ Crapo, P.A., Reaven, G. & Olefsky, J. (1977) Postprandial plasma glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. Diabetes 26: 1178-1183.

¹⁹ Spaethe, R., Brinck, U.C., Sabin, J., Wubbens, K. & Otto, H. (1972) Exchange of carbohydrates, following the principle of biological equivalents, in the diabetic diet. Journ Annu Diabetol Hotel Dieu 13: 253-259.

²⁰ Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S. & Taylor, H.T. (1981) Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Am J Clin Nutr 34: 362-366.

²¹ Jenkins D.J.A., Wolever, T.M.S., Collier, G.R., Ocana, A., Venketeshwer, R.A., Buckley, G., Lam, Y., Mayer, A Thompson, L; (1987) Metabolic effects of low glycemic diet. Am. J Clin Nutr 46: 968-975.

²² Jenkins, D.J.A., Wolever, T.W.S. & Buckley, G. (1988) Low-glycemic-index starchy foods in the diabetic diet. Am J Clin Nutr 48: 248-254.

²³ Am J Clin Nutr. 1981 Mar;34(3):362-6. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV.

²⁴ Wolever TM1, Miller JB. Am J Clin Nutr. 1995 Jul;62(1 Suppl):212S-221S; discussion 221S-227S. Sugars and blood glucose control.

visqueuses. À l'inverse, le jus de pomme, dénué de la majorité des fibres, aura un index glycémique élevé puisque les sucres sont plus facilement disponibles à l'absorption.

L'indice glycémique:

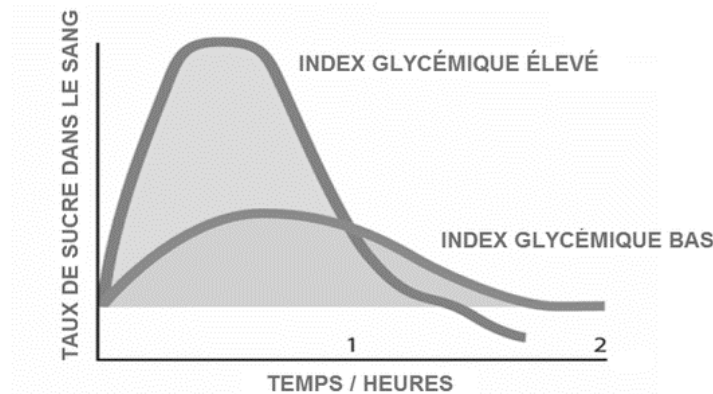


Figure 15: Différences entre index glycémique bas et élevé sur la glycémie²⁵

Un aliment possédant un index glycémique élevé fera donc la glycémie monter très rapidement et redescendre après un court instant aussi rapidement pour arriver après quelques heures sous la valeur normale de la glycémie corporelle. Ce qui explique souvent les coups de fatigue (*exemple: le coup de fatigue de 11h*), car l'organisme va alors effectuer un effort pour remonter cette glycémie en déstockant du glucose dans les tissus.

À l'inverse, la consommation d'un aliment ayant un index glycémique bas aura pour conséquence une augmentation de la glycémie beaucoup moins importante et très lente. Par la suite, la glycémie diminuera, mais de façon plus progressive et lente, dans le temps, et reviendra, après plusieurs heures, à la normale.

On pourrait donc penser qu'il est mieux de consommer des aliments à index glycémique bas et qu'il faudrait éviter les aliments d'index glycémique élevé. Cependant, cet index glycémique ne prend en compte que la qualité du sucre.

Afin d'être plus complet dans l'analyse, on va aller plus loin et voir la Charge Glycémique.

1.2.1.3.2. La Charge Glycémique ou CG

Alors que l'index glycémique va renseigner sur la qualité du sucre, la CG va, quant à elle, prendre en compte la quantité de sucre ingérée.

En 1997, le professeur Walter Willett, de l'université de Harvard, a proposé le concept de CG^{26,27,28} et a déterminé une équation permettant de déterminer celle-ci :

²⁵ www.fit-innov.com

²⁶ Consequences of irregular versus continuous medical follow-up in children and adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus. Jacobson AM, Hauser ST, Willett J, Wolfsdorf JI, Herman L.J. *Pediatr.* 1997 Nov;131(5):727-33.

²⁷ Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. Salmerón J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willett WC. *Diabetes Care.* 1997 Apr;20(4):545-50.

²⁸ Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. Salmerón J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. *JAMA.* 1997 Feb 12;277(6):472-7.

$$CG = [IG \times \text{quantités de glucides d'une portion d'aliment (g)}] / 100$$

Une charge glycémique inférieure ou égale à 10 est considérée comme basse. Comprise entre 10 et 19, elle est dite modérée. Supérieure ou égale à 20, la CG est élevée.

Tableau III : Niveaux de Charges Glycémiques²⁹

CG élevée (≥ 20)
CG modérée (11 à 19)
CG basse (≤ 10)

Certains nutritionnistes optent pour la notion de charge glycémique par rapport à celle d'index glycémique du fait que la CG prend en compte, à la fois la qualité et la quantité des glucides d'un aliment. La CG est donc plus complète et reflète davantage la réponse glycémique et permettrait de mieux prédire la réponse de l'organisme.

Toutefois, pour perdre du poids et contrôler son poids, s'intéresser à la CG seule ne suffit pas. L'idéal, c'est de manger des quantités modérées de glucides (CG modérées) en choisissant prioritairement des glucides d'index glycémique bas.

Ainsi, il est important de connaître IG et la CG des aliments afin de pouvoir adapter au mieux son alimentation en limitant au maximum une surconsommation des glucides. Ils peuvent, en excès, être stockés et provoquer des coups de fatigues par abaissement du taux de glycémie.

Lors d'un effort intense et de courte durée, l'utilisation de produits ayant un IG élevé peut être adapté et plus encore ceux ayant un CG élevé. Par contre à l'inverse, pour les sports d'endurance ou pour travailler sur une plus longue durée (préparation) des sucres ayant un IG et une CG basse peuvent être plus adaptés.

1.2.2. LES LIPIDES

1.2.2.1. Définition

Les lipides plus connus sous le nom de graisses sont les macronutriments les plus énergiques (1g de lipide donne 9kcal alors que 1g de glucose donne 4kcal). Ils sont dits « essentiels » puisque l'organisme est incapable de les produire.

Il existe différents types de lipides.

²⁹ <http://www.thierrysouccar.com/sante/info/quest-ce-que-la-charge-glycemique-747>

- **Les lipides de réserve**

Le tissu adipeux représente entre 10 et 30% de notre poids corporel (chez les hommes 10 à 25% de masse grasse, chez les femmes 15 à 30%). Ils sont stockés sous forme de triglycérides contenus dans les adipocytes (vacuoles) et vont alors servir de réservoir énergétique.

Ce tissu va, grâce aux adipocytes, servir également d'isolant thermique.

Les lipides de réserve vont être responsables de la synthèse d'hormones comme la leptine, *via* le tissu adipeux blanc (qui sera dirigé vers l'hypothalamus).

La leptine est une hormone qui va être responsable de la satiété et de la régularisation du poids corporel (plus il y a sécrétion de leptine, plus il y aura stimulation du métabolisme des acides gras et du glucose). On dit que c'est une hormone anorexigène, sécrétée environ 15 minutes après le début d'un repas.

Le taux de leptine dans le sang est directement proportionnel à la masse grasseuse, cependant, comme il existe une résistance à l'insuline, l'organisme peut créer une résistance à la leptine. Cela aura pour conséquence d'augmenter l'appétit, de diminuer la dépense énergétique de l'organisme et de diminuer le métabolisme.

- **Les lipides de structure**

Ils se trouvent dans la paroi de nos cellules et permettent une fluidification de celle-ci. Ils vont interagir avec les protéines membranaires possédant une activité biologique tels que les enzymes, les transporteurs membranaires ou encore les récepteurs hormonaux.

- **Les lipides fonctionnels**

Ils vont permettre d'absorber et d'utiliser certaines vitamines (liposolubles).

Ils participent également à la modulation de l'expression des gènes. D'après quelques recherches, ils seraient capables de moduler l'expression des gènes d'enzymes impliquées dans la lipogenèse hépatique, cependant ces mécanismes sont encore peu connus.

Enfin, ils participent à la régulation de la transmission membranaire du signal. En effet, les lipides d'origine membranaire sont impliqués dans la production de second messenger assurant le couplage fonctionnel avec le récepteur.

Ces lipides vont permettre la synthèse des eicosanoïdes constitués par les prostaglandines (PG) et les leucotriènes (LT).

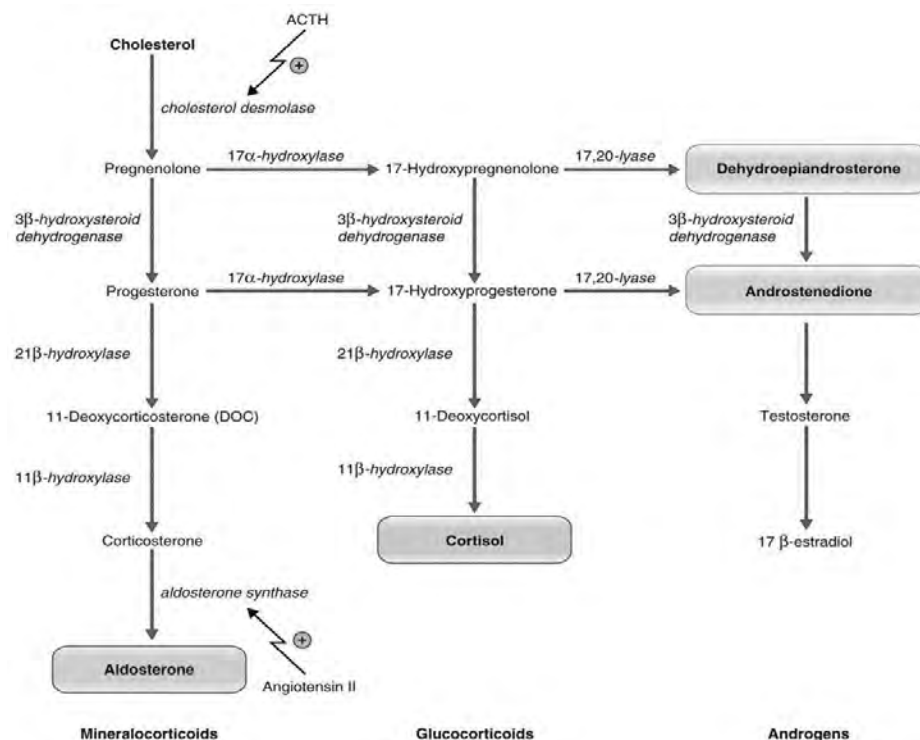


Figure 16 : Biosynthèses à partir du cholestérol³⁰

Dans le cadre de la production d'énergie, les acides gras ne sont utilisés que pendant la phase aérobie comme vu précédemment (cf. 1.1.1.4.2).

1.2.2.2. Répartition des lipides dans les aliments

On va pouvoir retrouver les acides gras dans beaucoup d'aliments communs comme :

- les huiles ;
- le beurre et les margarines ;
- les viandes ;
- le poisson ;
- les œufs (jaunes d'œuf) ;
- le lait (entier ou demi-écrémé) ;
- les fromages ;
- certains fruits oléagineux comme les amandes et les olives ;
- les légumes comme l'avocat très riche en Oméga-3.

Du point de vue nutritionnel, l'ensemble de ces graisses est classé en matière d'intérêt d'apport.

³⁰ <https://s3.amazonaws.com/classconnection/398/flashcards/8832398/jpg/picture6-14FEBFDF06A11B2A341.jpg>

1.2.2.2.1. Les graisses néfastes

On parle ici de graisses dites « trans » ou huiles partiellement hydrogénées qui sont issues d'un processus industriel.

Ces graisses font augmenter les taux sanguins de Lipoprotéines de Basse Densité (LDL), considérées comme le mauvais cholestérol, tout en abaissant les taux de Lipoprotéines de Haute Densité (HDL), considérés comme le bon cholestérol.

Le résultat correspond à une augmentation du risque cardiovasculaire (plaques d'athérome, infarctus ...).

Selon les résultats d'une étude publiée en 1997, les acides gras «trans » pourraient faire augmenter ce risque de l'ordre de 132 % en comparaison de 32 % pour les acides gras saturés³¹.

On les retrouve dans la plupart des produits issus de la transformation industrielle. Sur les emballages, on peut deviner leurs présences lorsque la mention « *huile(s) végétale(s) hydrogénée(s)* » ou « *partiellement hydrogénée(s)* » figure sur l'emballage.

Il est important de noter que plus leur position dans la liste des ingrédients est au début, plus il y a de gras dit « trans » dans le produit.

Afin de pouvoir facilement déterminer la quantité en acide gras « trans » présent dans un aliment, il existe une formule (on utilisera les données présentes sur l'emballage) :

$$\text{teneur gras trans} = (\sum \text{gras saturés} + \sum \text{gras insaturés}) - \sum n \text{ total matière grasse}$$

$\sum$ étant la somme n : la quantité
gras saturés et insaturés = polyinsaturés + mono-insaturés ;

Pour avoir une hygiène alimentaire la plus saine possible, il faudra chercher au maximum à éviter les aliments trop riches en acides gras « trans ».

On cherchera, par exemple, à éviter les graisses d'origine animale, et l'on pourra les remplacer par des huiles de tournesol, d'olive, de noix...

De même, on pourra favoriser l'utilisation de margarine au lieu du beurre.

1.2.2.2.2. Les acides gras saturés

On a souvent assimilé les acides gras saturés (AGS) à de mauvaises graisses, car souvent tenus pour responsable de pathologies cardiovasculaires. En réalité, ces pathologies apparaissent surtout en cas de surconsommation.

Ces AGS étant constitués d'un ensemble hétérogène de molécules, il est important de ne pas toutes les éliminer. *Par exemple l'acide laurique, que l'on peut retrouver dans la noix de coco, peut-être largement utilisé notamment pour ses propriétés digestives, antibactériennes, antivirales et immunitaires. De plus, il ne possède pas d'effet délétère pour l'organisme.*

³¹ Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Rimm E, Colditz GA, Rosner BA, Hennekens CH, Willett WC. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. N Engl J Med. 1997 Nov 20;337(21):1491-9

Tableau IV : Classement des acides gras saturés³²

Longueur relative	Nombre Carbones	Nom IUPAC	Nom courant de l'acide	Dans l'alimentation
Chaîne courte	4	n-butanoïque	Butyrique	Beurre, matières grasses des produits laitiers
	6	n-hexanoïque	Caproïque	
	8	n-octanoïque	Caprylique	
	10	n-décanoïque	Caprique	
Chaîne moyenne	12	n-dodécanoïque	Laurique (laurier)	Huile de noix de coco
	14	n-tétradécanoïque	Myristique (muscade)	Huile de noix de coco, matières grasses des produits laitiers
	16	n-hexadécanoïque	Plamitique (palmier)	Huile de palme, matières grasses de la viande et des produits laitiers
	18	n-octadécanoïque	Stéarique (suif)	Matières grasses de la viande, beurre de cacao
Chaîne longue	20	n-éicosanoïque	Arachidique	Graines, huiles de poisson, huiles végétales
	22	n-docosanoïque	Béhénique	
	24	n-tétracosanoïque	Lignocérique	
	26	n-hexacosanoïque	Cérotique	Cire des plantes, bactéries, insectes
	28	n-octacosanoïque	Montanique	
	30	n-triacontanoïque	Mélistique	
	32	n-dotriacontanoïque	Lacéroïque	

³² Synthèse cours de nutrition du sportif Showacademy 2017

1.2.2.2.3. Les acides gras insaturés

Il existe 2 types d'acide gras insaturés : les acides gras mono-insaturés lorsqu'il n'y a qu'une seule double liaison et les acides gras polyinsaturés lorsqu'il y en a plusieurs.

Tableau V : Classement des acides gras saturés²⁷

Nombre C	Noms IUPAC	Noms usuels	Abréviati on	Où le trouver ?
Acides gras mono-insaturés				
16	acide 9Z-hexadécénoïque	acide palmitoléique		Huile de noix de macadamia ; Huile de gevuina ; Huile d'argousier
18	acide 9Z-octadécénoïque	acide oléique		Huile d'olive ; Huile de pépin de raisin ; Huile de noisette ; Huile d'avocat ; Huile d'arachide
22	acide 13Z-docosaénoïque	acide érucique		Huile de colza Erysimum Grains de moutarde
24	acide 15Z-tétracosaénoïque	acide nervonique		
Acides gras polyinsaturés				
18	acide 9Z,12Z-octadécadiénoïque	acide linoléique	AL	Oméga-6 (huile de carthame, de pépins de raisin, de tournesol, de germe de blé, de maïs, de noix, de soja et de façon générale, dans les huiles végétales. Les produits laitiers (lait entier, fromages), le beurre, mais également la viande (porc, volailles ...) et les œufs.
18	acide 6Z,9Z,12Z-octadécatriénoïque	acide γ-linolénique	AGL ou GLA	
20	acide 8Z,11Z,14Z-eicosatriénoïque	acide dihomog-γ-linolénique	DGLA	
20	acide 5Z,8Z,11Z,14Z-eicosatétraénoïque	acide arachidonique	AA	
18	acide 9Z,12Z,15Z-octadécatriénoïque	acide α-linolénique	ALA	Oméga-3 (huile de colza, soja, lin, noix, germe de blé, mâche, épinard, produits laitiers et la viande de lapin)
20	acide 5Z,8Z,11Z,14Z,17Z-eicosapentaénoïque	acide eicosapentaénoïque	EPA	
22	acide 4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z-docosahexaénoïque	acide docosahexaénoïque	DHA	

Tableau VI : Composition des huiles en acides gras³³

		Arachide (Afrique)	Colza	Maïs	Noisette	Noix	Olive	Pépin de raisin	Soja	Tournesol	Tournesol oléique
Ac. Palmitique	C16:0	8-13	1-5	8-13	5-9	6-8	8-14	7-10	8-13	5-7	3-4
Ac. Margarique	C17:0	< 0,1	-	-	-	< 0,1	< 0,2	-	-	≤ 0,1	-
Ac. Stéarique	C18:0	3-4	1-2	1-4	1-4	1-3	3-6	3-6	3-6	4-6	3-4
Ac. Arachidique	C20:0	1-2	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 0,3	< 1,2	< 1	0,2-0,5
Ac. Béhénique	C22:0	2-4	< 0,5	< 0,5	-	< 0,2	< 0,9	< 0,5	< 0,5	< 1	0,5-1
Ac. Lignocérique	C24:0	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 0,5
Ac. Gras Saturés		15-25	2-8	10-18	6-13	7-11	13-22	11-17	12-10	11-15	7-10
Ac. Palmitoléique	C16:1 n-7	< 0,3	< 1	< 1	< 0,3	< 0,2	< 1	< 0,5	< 0,2	≤ 0,4	≤ 0,1
Ac. Oléique	C18:1 n-9	48-66	55-62	24-32	66-83	14-21	61-80	14-22	17-26	15-25	75-83
Ac. Gadoléique	C20:1 n-11	1-2	1-2	< 0,5	-	< 0,3	< 0,4	< 0,2	< 0,4	< 0,5	0,1-0,5
Ac. Erucique	C22:1 n-9	-	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ac. Gras Monoinsaturés		49-68	56-65	25-33	66-83	14-21	62-81	15-23	18-27	16-26	75-84
Ac. Linoléique	C18:2 n-6	14-28	18-22	55-62	8-25	54-65	3-14	65-73	50-62	62-70	10-21
Ac. Linolénique	C18:3 n-3	< 0,3	8-10	< 2	< 0,6	9-15	< 1	< 0,5	4-10	≤ 0,2	≤ 0,3
Ac. Gras Polyinsaturés		14-28	26-32	57-64	9-26	63-80	4-15	65-73	54-72	62-70	10-22

Les corps gras riches en acides gras insaturés ont tendance à rester à l'état liquide à température ambiante. Les acides gras insaturés cis des séries oméga-3, oméga-6 et oméga-9, comprennent plusieurs acides gras essentiels.

Par exemple, l'acide linoléique et l'acide arachidonique sont des acides gras essentiels chez l'homme.

Les acides gras polyinsaturés peuvent être d'origine végétale (huile d'olive, huile de colza, huile de maïs...).

- Les omégas-3

D'après de nombreuses études, l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES), il a été démontré que la consommation d'acide gras oméga-3 peut permettre³⁴ :

- une diminution de la pression artérielle chez les personnes présentant une hypertension artérielle,
- une diminution de la quantité de triglycérides dans le sang,
- chez les personnes présentant au préalable des pathologies cardiovasculaires, une réduction de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaire.

Cependant, l'ANSES rappelle que la prévention des maladies cardiovasculaires repose surtout sur des mesures hygiéno-diététiques, combinant une alimentation variée et équilibrée à la pratique d'une activité physique.

Par ailleurs, les données récentes³⁵ montrent que l'Acide Eicosapentaénoïque (EPA) et l'Acide Docosahexaénoïque (DHA) jouent un rôle dans le fonctionnement cérébral chez le sujet adulte et au cours du vieillissement.

³³ http://iterg.com/spip.php?page=itergCont&id_rubrique=26&id_article=39

³⁴ <https://www.anses.fr/fr/content/les-acides-gras-om%C3%A9ga-3>

³⁵ Altern Med Rev. 2007 Sep;12(3):207-27. Omega-3 DHA and EPA for cognition, behavior, and mood: clinical findings and structural-functional synergies with cell membrane phospholipids. Kidd PM.

Elles suggèrent un effet positif sur le maintien de la santé mentale (dépression, démence dont maladie d'Alzheimer) bien que d'autres études doivent confirmer et préciser les effets de ces acides gras.

Enfin, l'EPA et le DHA sont également impliqués dans la prévention de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)^{36,37,38,39,40,41,42}. En effet, le déficit en ces acides gras peut augmenter le risque de DMLA.

- Les omégas-6

Les omégas-6 vont être utilisés par l'organisme comme précurseurs d'un certain nombre de molécules (principalement l'acide arachidonique ou AA) comme la prostaglandine E2, la prostacycline, le thromboxane A2 ou le leucotriène B4 qui auront un rôle sur l'inflammation, sur le muscle lisse des vaisseaux sanguins (vasomotricité) et/ou sur l'agrégation des plaquettes intervenant dans la formation de caillots.

Ils vont également avoir un rôle structural sur les membranes.

Par exemple, l'acide linoléique va être essentiel comme composant important des lipides des membranes cellulaires. Au niveau de la peau, il va aider et contribuer au maintien de la fluidité membranaire ainsi qu'à l'élasticité et à la fonction barrière de celle-ci.

Les acides gras omégas-6 vont enfin avoir une importance dans la régulation de l'expression des gènes et plus spécifiquement sur ceux impliqués dans le métabolisme des lipides par leur action hypolipémiantes.

L'acide arachidonique est l'acide gras du cerveau le plus important quantitativement. Avec le DHA (un acide gras essentiel oméga-3), ils représentent 20% de la masse des acides gras du cerveau. Il joue un rôle crucial dans le bon développement cérébral.

Il va participer à la constitution d'un neurotransmetteur, la sérotonine, impliquée notamment dans la régulation du comportement alimentaire.

Les omégas-6 ont des bienfaits sur le cerveau notamment sur les fonctions cognitives. En effet, des études⁴³ ont démontré que les membranes riches en acides gras polyinsaturés sont plus malléables. Ainsi elles peuvent mieux se déformer et se découper. La formation de vésicules synaptiques sera alors améliorée. Cela permettra l'amélioration du passage de l'influx nerveux.

³⁶ Chong EW. & al.: Dietary omega-3 fatty acid and fish intake in the primary prevention of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. Arch Ophthalmol. 2008 Jun;126(6):826-33.

³⁷ Swenor BK. & al.: The Impact of Fish and Shellfish Consumption on Age-Related Macular Degeneration. Ophthalmology. 2010 Dec;117(12):2395-401

³⁸ Merle B. & al.: Dietary omega-3 Fatty acids and the risk for age-related maculopathy: the alienor study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011 Jul 29;52(8):6004-11. Print 2011 Aug.

³⁹ Christen WG. & al.: Dietary {omega}-3 Fatty Acid and Fish Intake and Incident Age-Related Macular Degeneration in Women. Arch Ophthalmol. 2011 Mar 14.

⁴⁰ Kishan AU. & al.: Lipids and Age-Related Macular Degeneration. Surv Ophthalmol. 2011 Mar 24.

⁴¹ Simon E. & al.: Decreasing dietary linoleic acid promotes long chain omega-3 fatty acid incorporation into rat retina and modifies gene expression. Exp Eye Res. 2011 Aug 2.

⁴² Souied EH.: Oral Docosahexaenoic Acid in the Prevention of Exudative Age-Related Macular Degeneration: The Nutritional AMD Treatment 2 Study. Ophthalmology. 2013 Feb 7.

⁴³ Polyunsaturated phospholipids facilitate membrane deformation and fission by endocytic proteins, Mathieu Pinot, Stefano Vanni, Sophie Pagnotta, Sandra Lacas-Gervais, Laurie-Anne Payet, Thierry Ferreira, Romain Gautier, Bruno Goud, Bruno Antony, Hélène Barelli - Science 08 Aug 2014; Vol. 345, Issue 6197, pp. 693-697- DOI: 10.1126/science.1255288

- Rapport oméga-6/oméga-3

Pour comprendre quel rapport est important entre la consommation de ces 2 familles d'acides gras insaturés, il est important de comprendre que l'acide linoléique (AL) et l'acide α -linolénique (ALA) utilisent les mêmes enzymes pour être dégradés (notamment la delta 6-désaturase).

Ainsi, quand une chaîne est présente en plus grande quantité par rapport à l'autre, celle-ci va alors monopoliser la majorité des enzymes au détriment de la dégradation des autres chaînes.

Le rapport oméga-6/oméga-3 étant souvent trop élevé, cela va provoquer une réduction de la quantité de delta 6-désaturase disponible pour le métabolisme de l'acide ALA, ce qui peut augmenter le risque de maladie cardiaque.

Depuis la fin du XX^{ème} siècle, de nombreuses études ont démontré que les apports en oméga-6 ont augmenté alors que ceux en oméga-3 ont diminué et, parallèlement, on a pu observer une augmentation des maladies cardiovasculaires. Ce qui permet de déterminer une relation de cause à effet.

C'est à partir de ces observations que le concept de rapport « idéal » oméga-6/oméga-3 dans l'alimentation a été élaboré⁴⁴. Ce rapport est donné entre 2 et 4 en fonction de la littérature.

Cependant, la valeur du rapport oméga-6/oméga-3 permettant de réduire le risque de maladies cardiovasculaires n'a pas encore été clairement établie.

Certains experts avancent l'idée que la prise en charge de ce rapport est moins importante qu'il n'y paraît et qu'il faudrait davantage prendre en compte des niveaux absolus d'apports.

Une étude⁴⁵ sur ce sujet conclut qu'il suffirait d'augmenter la quantité d'ALA, d'EPA et de DHA dans l'alimentation (donc d'oméga-3) pour obtenir l'augmentation souhaitée du taux de ces acides gras dans les tissus de l'organisme. Elle conclut également que la diminution des apports en LA et en AA n'est pas forcément nécessaire. En augmentant l'apport en oméga-3, on diminue obligatoirement le rapport oméga-6/oméga-3. On peut donc sensiblement donner crédit à cette étude.

- Apports

D'après différentes sources de littérature, on peut noter que les apports recommandés en acides oméga-3 peuvent être compris entre 0,5 et 2% des apports énergétiques journaliers.

Plus spécifiquement, les apports en ALA doivent être compris entre 0,6 et 1,2% des Apports Énergétiques Journaliers (AEJ) ce qui correspond à 1 à 2 grammes par jour.

Une étude⁴⁶ portant sur les apports alimentaires a établi que les apports réels en ALA varient en fonction des pays en allant :

- Pour les hommes : de 0,6 g/jour pour la France à 2,5 g/jour pour l'Islande.
- Pour les femmes : de 0,5 g/jour pour la France à 2,2 g/jour pour le Danemark.

⁴⁴ Simopoulos A. (2008) The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. Published online 11 April 2008. DOI:10.3181/0711-MR-311

⁴⁵ Stanley JC, Elsom RL, Calder PC, Griffin BA, Harris WS, Jebb SA, Lovegrove JA, Moore CS, Riemersma RA, Sanders TA. (2007) UK Food Standards Agency Workshop Report: the effects of the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. *British Journal of Nutrition* 98:1305-1310

⁴⁶ Hulshof KF, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, Becker W, Church SM, Couet C, Hermann-Kunz E, Kesteloot H, Leth T, Martins I, Moreiras O, Moschandreas J, Pizzoferrato L, Rimestad AH, Thorgeirsdottir H, van Amelsvoort JM, Aro A, Kafatos AG, Lanzmann-Petithory D, van Poppel G. (1999) Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: the transfair study. *European Journal of Clinical Nutrition* 53:143-157

Ainsi, on peut constater que, initialement dans l'alimentation, les apports en acide gras oméga-3 sont généralement insuffisants et que pour limiter les risques cardiovasculaires, il faudra chercher à augmenter les sources d'oméga-3. Pour ce faire, on pourra conseiller d'augmenter la consommation de poissons, de fruits à coque, de légumes verts ou encore des œufs.

Pour résumer, on conseillera d'éviter, autant que faire se peut, les produits contenant des acides gras « trans ». De même, on veillera à limiter la consommation de produits contenant des acides gras saturés (préférer les huiles de noix ou huiles de noix de coco au lieu du beurre).

Enfin, on conseillera d'augmenter au maximum les apports en oméga-3 par le fait notamment de manger du poisson gras (saumon, thon, etc.).

1.2.3. LES PROTEINES

1.2.3.1. Définition

Les protéines sont un enchainement de plusieurs acides aminés. Ce sont ces derniers qui donnent une conformation en 3 dimensions à ces macromolécules qui sont des polypeptides.

On appelle un peptide, une entité qui possède une dizaine d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons dites peptidiques. Une protéine possède quant à elle plus de 56 acides aminés.

Les protéines sont des macromolécules essentielles dans le fonctionnement de l'organisme. En effet, elles ont des rôles aussi multiples que primordiaux.

Elles vont avoir le rôle dans :

- La structure : *par exemple avec l'actine et le collagène*
- La réparation et le développement musculaire
- La mobilité : *par exemple au niveau de la tête de la myosine*
- Le conditionnement de l'ADN avec les histones qui sont des protéines qui sont situées dans le noyau des cellules. Elles sont associées à l'ADN afin de permettre de compacter celle-ci en structure qu'on appelle nucléosomes. L'ADN va alors former une bobine en s'enroulant autour de ces histones
- La signalisation intercellulaire : les enzymes sont formées par des protéines qui ont un rôle de catalyseur chimique, les transporteurs
- Le système immunitaire : les anticorps sont formés par les protéines
- La fonction tampon : les acides aminés portent au moins deux groupes ionisables (NH_2 et COOH qui sont ionisables en NH_3^+ et COO^-). Ainsi ils ont donc un caractère amphotère puisqu'ils peuvent être donneurs et accepteurs d'électrons. Ainsi leur rôle de tampon est primordial.

Les protéines étant formées par un enchainement d'acides aminés, il est important de pouvoir les connaître. On va distinguer les acides aminés dits « essentiels », c'est-à-dire que l'organisme ne peut pas synthétiser par lui-même et qui doivent donc être apportés par l'alimentation.

On en dénombre 8 : (LE TRès LYrique TRistant FAIt VAchement MEditer ISeult.)

- Leucine
- Tryptophane
- Lysine
- Thréonine
- Phénylalanine
- Valine
- Méthionine
- Isoleucine

Tableau VII : Rôles des acides aminés essentiels⁴⁷

Acide aminé	Rôles
Isoleucine	▪ Participe à la production d'énergie ; ▪ Constitue une source d'énergie pour les muscles ; ▪ Améliore le niveau d'endurance lors d'un effort ; ▪ Nécessaire à la formation de l'hémoglobine qui transporte l'oxygène dans le sang ; ▪ Stabilise et régule le niveau de glucose dans le sang.
Leucine	▪ Favorise le processus de guérison au niveau des os, de la peau et des muscles ; ▪ Favorise la synthèse de l'hormone de croissance ; ▪ Constitue une source d'énergie pour l'ensemble des muscles en stimulant la production des protéines ; ▪ Stimule la libération de l'insuline par le pancréas, ce qui réduit la glycémie.
Lysine	▪ Nécessaire pour la croissance et le développement des os chez l'enfant ; ▪ Favorise l'absorption du calcium ; ▪ Participe à la formation du collagène (<i>os, cartilage, tendon, tissu conjonctif</i>) avec la vitamine C ; ▪ Permet la cicatrisation (<i>plaies et brûlures</i>) ; ▪ Intervient dans la formation des anticorps ; ▪ Contribue au métabolisme des glucides et favorise l'absorption de graisses.
Méthionine	▪ Neutralise les métaux lourds ; ▪ Lutte contre le vieillissement cellulaire (puissant antioxydant) ; ▪ Permet d'abaisser le taux du cholestérol et d'histamine en stimulant la production de lécithine du foie qui permet la fluidité de la membrane cellulaire ; ▪ Participe à la dégradation des lipides, prévient leur accumulation dans le foie et les artères ; ▪ Précurseur de la cystéine et de la taurine ; ▪ Rend l'acide folique (vitamine B9) disponible ; ▪ Renforce l'équilibre nerveux en participant à la synthèse des neurotransmetteurs ; ▪ Contribue à la santé de la peau, des cheveux et des ongles ; ▪ Améliore l'assimilation du zinc.
Phénylalanine	▪ Effet stimulateur sur la glande thyroïde (sécrète la thyroxine, hormone régulatrice du système nerveux, qui atténue la douleur) ; ▪ Fabrique des neuromédiateurs qui véhiculent l'information à travers le cerveau (rôle prépondérant dans l'apprentissage et la mémorisation) ; ▪ Bon antidépresseur ; ▪ Intervient dans la régulation de l'appétit ; ▪ Effets sur l'équilibre chimique cérébral (car elle est capable de traverser la barrière hémato-encéphalique).
Thréonine	▪ Participe à la dispersion des graisses au niveau du foie ; ▪ Assure le bon fonctionnement intestinal en assurant les échanges nutritifs intestins/sang ; ▪ Action sur la peau, les cheveux et les tissus ; ▪ Participe à la formation du collagène, de l'élastine et de l'émail des dents ; ▪ Contribue à maintenir l'équilibre protéique au sein de l'organisme ; ▪ Participe à la formation d'anticorps ; ▪ Précurseur de la glycine et de la sérine ; ▪ Précieuse dans le contrôle des crises chez l'épileptique.
Tryptophane	▪ Précurseur de la sérotonine ; ▪ Favorise le sommeil ; ▪ Calmant, antidépresseur ; ▪ Contribue à la santé du système nerveux, stabilise l'humeur, réduit l'appétit ; ▪ Agit sur le contrôle des pulsions, des addictions, de l'agressivité et du suicide ; ▪ Stimule la libération de l'hormone de croissance ; ▪ Aide l'action des vitamines B et permet notamment la synthèse de la niacine (vitamine B3) ; ▪ Participe à la formation des lymphocytes ; ▪ Réduit les besoins en glucides et élève le taux de glucose dans le sang.

⁴⁷ <http://www.les-acides-amines.com>

Acide aminé	Rôles
Valine	▪ Sert à la production d'énergie ; ▪ Rapidement assimilée et aussitôt attribuée aux muscles, elle améliore la récupération après l'effort ; ▪ Participe au bon fonctionnement du système nerveux, à la vivacité mentale et à la coordination musculaire (car c'est un véritable stimulant) ; ▪ Aide à la réparation des tissus.

On va distinguer également les deux acides aminés dits « semi-essentiels » qui sont naturellement présents et synthétisés dans l'organisme, mais en quantités insuffisantes : l'histidine et l'arginine.

Tableau VIII : Rôles des acides aminés semi-essentiels⁴⁷

Acide aminé	Rôles
Histidine	▪ Impliqué dans la croissance des tissus, favorise leur cicatrisation avec la vitamine C ; ▪ Permet le maintien de l'intégrité de la myéline au niveau des nerfs ; ▪ Rôle dans le système immunitaire (précurseur de l'histamine) ; ▪ Nécessaire à la synthèse des globules blancs et rouges. Elle va permettre le maintien du pH sanguin en étant capteur de protons ; ▪ Elle va participer au transfert des électrons et protons durant la glycolyse
Arginine	▪ Seul acide aminé capable de fournir le monoxyde d'azote (NO) qui permet la vasodilatation, l'inhibition de l'agrégation plaquettaire et la prolifération des cellules de muscles lisses ; ▪ Dans le cycle de l'urée en étant précurseur de l'ornithine et de l'urée et en étant chélateur du manganèse ; ▪ Dans la synthèse du collagène, hémoglobine, insuline, glucagon, ... ; ▪ Médiateur de la cicatrisation cutanée/stress, ▪ Fonction érectile masculine (via le monoxyde d'azote).

Et les dix acides aminés non-essentiels qui sont naturellement présents et synthétisés dans l'organisme et en quantités suffisantes en temps normal.

- | | | |
|-------------|-------------|--------------|
| ▪ Cystéine | ▪ Tyrosine | ▪ Asparagine |
| ▪ Glutamine | ▪ Alanine | ▪ Sérine |
| ▪ Glycine | ▪ Glutamate | |
| ▪ Proline | ▪ Aspartate | |

Tableau IX : Rôles des acides aminés non essentiels⁴⁷

Acide aminé	Rôles
Alanine	- Stimule l'élévation du glucose sanguin - Participe à la production d'énergie dans l'organisme - Joue un rôle dans la production des globules blancs - Participe à l'élimination du phosphate et autres produits nocifs.
Asparagine	- Maintien l'équilibre du système nerveux central (prévient les états de surexcitation ou de sous-excitation) - Participe à la réduction du nombre des crises d'épilepsie - Contribue à la conversion des acides aminés par le foie.
Aspartate	- Contribue à réduire les effets secondaires dans le sevrage des stupéfiants - Joue un rôle dans les cycles de production d'énergie - Participe à la synthèse d'ADN, d'ARN, des immunoglobulines et des anticorps. (il nous permet donc de nous défendre contre les virus, parasites et infections) - Favorise l'élimination de l'ammoniac en excès (excellent agent de désintoxication) - Augmente la résistance à la fatigue.
Cystine	- Aide à réparer l'ADN - Nécessaire à la formation de la peau et des ongles - Permet la cicatrisation rapide des plaies et brûlures - Aide à prévenir la chute des cheveux - Puissant désintoxiquant - Aide à prévenir l'athérosclérose et l'arthrite grâce à son apport en soufre - Améliore l'assimilation du zinc - Importance dans la production d'hormones (lesquelles) - Précurseur de la cystine et de la taurine - Participe à la synthèse des acides gras par la combustion des graisses.
Glutamate	- Participe à la vivacité de l'esprit, la capacité d'attention, la mémoire. - Véhicule le potassium au niveau du cerveau - Influence sur le cerveau (corrige les troubles de la personnalité, améliore l'équilibre psychique et lutte contre la fatigue cérébrale) - Aide à la lutte contre le besoin de sucre ou d'alcool - Favorise la libération de l'hormone de croissance - Prévient la dégradation des muscles - Diminue les complications péri-opératoires - Contribue aux fonctions de la prostate - Assure une meilleure cicatrisation des ulcères et des brûlures - Participe au métabolisme des glucides et des lipides - Intervient dans l'équilibre acidobasique en diminuant l'acidité de l'estomac - Favorise la combustion des graisses.
Glutamine	- Favorise le stockage du glycogène (type de sucre que le corps garde en réserve) - Participe à l'amélioration des fonctions du cerveau en lui apportant de l'énergie (car la glutamine est un neurotransmetteur qui peut être converti en acide glutamique dans le cerveau) - Aide à combattre le besoin de sucre ou d'alcool - Participe à la croissance et à la réparation du tissu musculaire - Favorise la cicatrisation d'un ulcère - Constitue une excellente source d'énergie pour les globules blancs et les cellules présentes dans les intestins - Participe à l'équilibre acidobasique - Participe au bon équilibre des glucides et des lipides.
Glycine	- Possède une action calmante sur les neurones - Améliore le rendement énergétique et la récupération musculaire par synthèse de la créatine - Requise pour la synthèse d'ADN et d'ARN - Intervient dans la production de l'hormone de croissance - Propriétés cicatrisantes et anti-âge. - Permet la tolérance au glucose (favorise sa mise en réserve sous forme de glycogène) - Agit positivement sur les enzymes antioxydantes - Participe à la détoxification du foie, à la santé de la rate, de la moelle osseuse et du thymus (c'est un facteur de jeunesse) - Contribue à abaisser les taux de triglycérides et de cholestérol sanguins.

Acide aminé	Rôles
Proline	▪ Entre dans la synthèse du collagène (fondamental pour la peau, les articulations, les tendons) ▪ Contribue à la guérison des blessures ▪ Précurseur de l'hydroxyproline ▪ À un rôle fondamental sur la santé des tissus conjonctifs ▪ Elle tonifie le muscle cardiaque.
Sérine	▪ Nécessaire au métabolisme des acides gras ▪ Agit sur la masse musculaire en contribuant à sa croissance ▪ Aide à la récupération après l'effort, par la synthèse de la créatine ▪ Favorise un bon équilibre du système immunitaire par la production des immunoglobulines et des anticorps ▪ Entre dans la composition des protéines cérébrales, de la membrane cellulaire et de la gaine de certains nerfs (myéline).
Tyrosine	▪ Participe à la production de la mélanine (pour la coloration de la peau et des cheveux) en collaboration avec le cuivre ▪ Précurseur de certains neurotransmetteurs, dont l'adrénaline, qui font circuler l'information dans le cerveau ▪ Constitue un régulateur de l'humeur ▪ Aide à réduire l'appétit et favorise la perte de poids ▪ Précurseur des hormones thyroïdiennes ▪ Améliore les fonctions mentales ▪ Normalise la pression artérielle ▪ Stimule la sécrétion d'hormones de croissance par l'hypophyse

On ne peut aborder le sujet des protéines sans parler de bilan et d'équilibre azotés. En effet, l'azote des protéines n'est pas utilisé directement par l'organisme, il est considéré comme un déchet pour celui-ci. Il va donc chercher à l'éliminer. Cette élimination utilise plusieurs voies :

- Urinaire : jusqu'à 90% des pertes (1 molécule d'urée élimine 2 molécules d'azote) ;
- Fécale : entre 10 et 15% des pertes ;
- Autre : sueurs, desquamations, phanère... soit environ 10 mg/kg/jour en conditions normales⁴⁸.

La formule est :

Bilan = apport Azote par l'alimentaire – perte azote (Urine + Fécale + autre)

1.2.3.2. Répartition des protéines dans les aliments

Sur le plan de l'apport, 1g de protéine va pouvoir donner 4kcal (kilocalorie).

On va utiliser la valeur biologique comme référence afin de déterminer la qualité des protéines, c'est-à-dire l'efficacité avec laquelle l'organisme va pouvoir assimiler et par la suite utiliser cette dernière.

Ainsi on peut déterminer 2 catégories :

- Haute valeur biologique : contient une grande proportion d'acides-aminés essentiels et sera alors considérée comme de hautes qualités ;
- Valeur biologique faible : contient une proportion insuffisante en acides-aminés essentiels et donc sera considérée comme de faibles qualités.

⁴⁸ http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_8/site/html/7.html

Tableau X : Classements des aliments par valeur biologique⁴⁹

Haute valeur biologique	Faible valeur biologique
Viandes	Plantes
Volailles	Légumes
Poissons	Graines
Œufs	Noix
Lait (vache, soja, chèvre)	Céréales
Fromages	Haricots secs
Yaourts	Légumineuses

Il est possible via le site de l'ANSES de pouvoir avoir la composition protéique des aliments par 100g (CIQUAL-Composition Nutritionnelle des aliments)⁴⁸.

Les besoins en apports protéiques vont varier en fonction des dépenses énergétiques. Tout en ne dépassant pas 3 g/kg/jour, on va donner comme valeurs :

Tableau XI : Apport protéique en fonction de l'activité⁵⁰

Groupe	Apport en protéines (g/kg/j)
Personnes sédentaires	0,8
Sport d'endurance de loisirs	0,8 – 1,0
Activité d'endurance modérée	1,2
Sport d'endurance	1,5 – 1,7
Sport d'équipe/sport de puissance	1,5 – 1,7
Force /résistance	1 – 1,2
Sport en prise de poids	2-3

Comme vu précédemment, l'apport protéique journalier ne doit pas dépasser 3 g de protéine par jour par kilo (valable pour les sportifs qui souhaitent faire de la prise de masse). Cette quantité d'apports est aisément atteignable en adaptant correctement son régime alimentaire. Afin de déterminer cet apport et d'obtenir des repas équilibrés, le sportif pourra s'aider de la table CIQUAL de l'ANSES.

Le risque principal d'un apport supplémentaire en protéine et donc d'un régime hyperprotéiné est que certains acides aminés, non utilisés, seront transformés et stockés sous forme de graisses corporelles *via* le mécanisme cétoformateur et en glucide *via* le mécanisme glucoformateur :

Uniquement cétoformateur :

- Lysine
- Leucine

Cétoformateur et glucoformateur :

- Isoleucine
- Phénylalanine
- Tryptophane
- Tyrosine

⁴⁹ Site du Ciquial –Protéines : <https://pro.anses.fr/tableciquial/index.html>

⁵⁰ cours nutrition sportive – showacademy - 2017

- Thréonine.

De plus, la dégradation d'un apport en excès de protéine va provoquer l'augmentation du taux d'urée, d'acide urique et d'ammoniaque dans l'organisme. L'acidification de l'organisme va alors provoquer des crises de gouttes, augmenter le risque de survenue des tendinites et/ou des crampes.

La surcharge de la filtration rénale va également provoquer une fuite accrue de calcium par l'intermédiaire de l'élimination d'aides aminés soufrés, ce qui provoquera alors une fatigue physique et une déminéralisation des os avec un risque de survenue de fracture. Cette fuite de calcium sera également accompagnée d'une fuite de potassium qui pourra provoquer des troubles cardiaques.

Comme nous avons pu le voir, une consommation moyenne de 2 grammes de protéines par jour doit pouvoir être obtenue par la nutrition.

Les produits d'origine animale sont les meilleurs sources de protéine avec de hautes valeurs biologiques.

Si la personne est végétarienne, elle devra compenser par une consommation plus importante en produits végétaux.

Il sera important d'expliquer au sportif les risques qu'il encoure en cas de surconsommation protéiques.

1.3. LES MICRONUTRIMENTS

À la différence des macronutriments, les micronutriments ne jouent aucun rôle énergétique au niveau de l'organisme. Cependant, ils sont indispensables au bon fonctionnement des réactions chimiques.

Ils vont permettre aux enzymes de fonctionner, la production d'hormones....

Ils sont nécessaires :

- Pour le bien-être physique et moral ;
- Pour le fonctionnement optimal du système immunitaire ;
- Pour le fonctionnement optimal du système hormonal.

On va les retrouver dans l'alimentation et dans l'organisme en quantité infime c'est pourquoi on les appelle micronutriments.

Au sein de ces micronutriments, on distinguera les vitamines, les minéraux et les oligoéléments.

1.3.1. LES VITAMINES

Les vitamines jouent de nombreux rôles dans l'organisme.

Elles vont avoir quelques grandes fonctions :

- La fonction co-enzymatique : En se fixant à l'enzyme elles vont catalyser des réactions chimiques.
- La fonction anti-oxydante : elles vont permettre le transfert de protons et d'électrons au niveau de la chaîne respiratoire et vont provoquer la neutralisation des radicaux libres qui sont toxiques pour les tissus.
- Cette fonction anti-oxydante permet également la stabilisation des membranes.

- La fonction hormonale : elles vont permettre de déclencher la synthèse de protéines effectrices.

Les vitamines participent à de nombreux métabolismes cellulaires en intervenant dans des réactions chimiques soit en tant qu'agent actif, soit en permettant la réaction entre deux agents, soit en neutralisant les déchets de la réaction.

On peut classer les vitamines en deux groupes :

- Les vitamines liposolubles : A, D, E et K (absorbées en même temps que les lipides et stockables dans l'organisme).

Il faut noter que l'excès de vitamine A est toxique et peut provoquer des malformations pour le fœtus (donc tératogène). En thérapeutique, elle est utilisée contre l'acné.

Tableau XII : Rôles des vitamines liposolubles⁵⁰

VITAMINES	APPORTS JOURNALIERS ⁵¹	RÔLES	PATHOLOGIES ASSOCIÉES	SOURCES ⁴⁸
A <i>Rétinol</i> <i>bêta-carotène</i> <i>(végétaux)</i>	0,80mg	▪ Antifatigue ▪ Anti-infectieuse ▪ Vision crépusculaire (<i>synthèse rhodopsine</i>) ▪ Croissance des épithéliums oculaires	▪ Fatigue ▪ Risque infectieux ▪ Moins bonne vision nocturne ▪ Muqueuses sèches	▪ Huiles de foie de poisson (<i>morue</i>) ▪ Végétaux ▪ Foie ▪ Beurre ▪ Lait ▪ Œufs (<i>jaunes</i>) ▪ Poissons et viande
D <i>calciférol</i> <i>D2 ergocalciférol</i> <i>D3</i> <i>cholécalficérol</i>	0,05mg	Assimilation du calcium et du phosphore	▪ Rachitisme ▪ Ostéoporose	▪ Poissons ▪ Huiles de poisson (<i>D3</i>) ▪ Champignons ▪ Beurre ▪ Céréales(<i>D2</i>) ▪ Exposition de 20minutes au soleil
E <i>Tocophérol</i>	12mg	▪ Antioxydantes ▪ Effets préventifs sur les maladies cardiovasculaires ▪ Fertilité ▪ Hydratation des épithéliums (<i>trophicité cutanée/musculaire</i>)	▪ Durcissement des gaines tendineuses ▪ Stérilités ▪ Anémies hémolytiques du prématuré ▪ Neuropathies	▪ Céréales ▪ Beurre ▪ Œufs (<i>jaune</i>) ▪ Huiles végétales ▪ Légumes à feuilles vertes
K <i>phylloquinone</i> <i>phytoménadione</i>	0,075mg	Antihémorragique	Maladies hémorragiques	▪ Épinards ▪ Choux ▪ Céréales ▪ Foie de porc ▪ Œuf (<i>jaune</i>)

- Les vitamines hydrosolubles : B et C (se dissolvent en milieu aqueux)

⁵¹ Directive européenne : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20140219>

À l'exception de la vitamine B12, les vitamines B « excédentaires » sont simplement éliminées, le corps ne pouvant pas les stocker. Attention, pour l'apport alimentaire, ces vitamines sont thermosensibles.

Tableau XIII : Rôles des vitamines hydrosolubles⁵⁰

VITAMINES	APPORTS JOURNALIERS ⁵¹	RÔLES	PATHOLOGIES ASSOCIÉES	SOURCES ⁴⁸
B1 <i>Thiamine</i>	1,1 mg	▪ Métabolisme glucidique ▪ Fonctionnement du système nerveux (<i>transmission de l'influx nerveux</i>)	▪ Le béri-béri (<i>insuffisance cardiaque avec trouble neurologique</i>) ▪ L'encéphalopathie alcoolique	▪ Céréales ▪ Légumineuse ▪ Levures
B2 <i>Riboflavine</i>	1,4 mg	▪ Mécanisme d'oxydoréduction (<i>dans les mitochondries</i>) ▪ Métabolisme énergétique	▪ Lésions muqueuses et cutanées	▪ Levures ▪ Abats
B3 <i>Niacine</i> <i>Vitamine PP</i>	16 mg	▪ Métabolisme hormonal ▪ Respiration cellulaire	▪ Pellagre ▪ Intolérance solaire ▪ Inflammation des muqueuses digestives	▪ Cœur, rognons, foie ▪ Levures ▪ Champignons et légumineuses
B5 <i>Acide pantothénique</i>	6 mg	▪ Métabolisme des nutriments ▪ Constituant majeur du Coenzyme A		▪ Dans tous les aliments (<i>végétaux, animaux</i>) ▪ ++ levure de bière
B6 <i>Pyridoxine</i>	1,4 mg	▪ Métabolisme des protéines et des acides aminés	▪ Arrêt de la croissance ▪ Troubles nerveux ▪ Artériosclérose ▪ Baisse de l'immunité	▪ Très répandue dans les aliments ▪ Levures ▪ Produit par la flore intestinale
B8 <i>Vitamine H</i> <i>Biotine</i>	0,050mg	▪ activation des enzymes carboxylases -Synthèse des acides gras par -Production d'énergie à partir du glucose et des acides aminés (BCAA) ▪ Action sur la testostérone (<i>synthèse des protéines par les testicules</i>)	▪ Fatigue ▪ Nausées ▪ Anorexie ▪ Douleurs musculaires ▪ Paresthésie ▪ Dermites ▪ Eczémas ▪ Altération des muqueuses ▪ Somnolence	▪ Foie ▪ Œuf (<i>jaune</i>) ▪ Soja ▪ Lentilles, céréales ▪ Noix ▪ Poissons ▪ Quelques légumes et fruits ▪ Produit par la flore intestinale
B9 <i>Acide folique</i>	0,200mg	▪ Reproduction cellulaire ▪ Formation des globules rouges ▪ Fermeture du tube neural chez le fœtus	▪ Insuffisance des globules rouges et des plaquettes dans le sang = anémie	▪ Légumes verts ▪ Graines ▪ Germes de blé ▪ Levures ▪ Foie ▪ Œufs (<i>jaune</i>)
B12 <i>Cobalamine</i>	0,0025mg	▪ Métabolites des glucides, lipides, phosphore ▪ Synthèse protéique et leur intégration dans les tissus ▪ Maturation des globules rouges	▪ Anémie pernicieuse	▪ Viande ▪ Lait ▪ Céréales ▪ Œuf (<i>jaune</i>) ▪ Légumes et fruits
C <i>Acide ascorbique</i>	80mg	▪ Métabolisme des glucides, du fer	▪ Scorbut ▪ Défenses immunitaires	▪ Végétaux frais

		▪ Entretien des tissus conjonctifs ▪ Fonctionnement ovarien et glandes corticosurrénale	▪ Anémie	
--	--	--	--	--

Les vitamines B1 et B6 sont indispensables au métabolisme glucidique donc, elles seront utilisées pour les sports de force.

Les vitamines B9 et B12 permettent la maturation des globules rouges. On les trouve dans :

- Légumes verts à feuilles (B9)
- Produits d'origines animales (B12)

Les vitamines antioxydantes (C, A et E) neutralisent les effets des radicaux libres produits lors du stress oxydatif causé par l'activité physique. Elles seront utiles pour les sports d'endurance.

Les vitamines sont nécessaires pour le fonctionnement de l'organisme. Il faudra donc les apporter en quantité suffisante et de manière régulièrement à l'aide de l'alimentation.

1.3.2. LES MINERAUX

Un apport suffisant en minéraux doit absolument être maintenu chez les athlètes. Cependant comme le fonctionnement de l'organisme est interindividuel, certains athlètes seront plus enclins à des carences.

En temps normal, une alimentation équilibrée suffira à couvrir les besoins. Une supplémentation excessive n'apportera rien sur le plan de l'efficacité.

Ils interviennent dans :

- La constitution des tissus ;
- La régulation des mouvements d'eau ;
- L'excitabilité neuromusculaire ;
- L'élaboration des hormones, des enzymes... ;
- L'apport énergétique et calorique.

Ce sont des nutriments indispensables, mais, à la différence des macronutriments, ils ne sont pas une source directe d'énergie et n'apportent donc aucune calorie.

Ils seront éliminés par différentes voies, mais sont principalement éliminés par voie rénale qui va permettre de maintenir un équilibre.

On va pouvoir les apporter par les aliments d'origine végétale. La plupart de ces micronutriments sont thermosensibles et donc le mode de préparation et de cuisson de ces aliments est important.

Ainsi, afin de permettre aux aliments de préserver le plus possible leurs intérêts, on pourra choisir la préparation :

- À la vapeur ;
- À l'étouffé ;
- Aux micro-ondes.

Tableau XIV : Rôles des minéraux dans l'organisme⁵¹

MINÉRAUX	APPORTS JOURNALIERS ⁵¹	RÔLES	PATHOLOGIES ASSOCIÉES	SOURCES ⁴⁸
Calcium	800mg <i>Chez le sportif 10mg/kg/jour Absorbé au niveau de l'intestin via la vitamine D Perte au niveau des urines, sueurs et selles</i>	▪ Constituants des os et des dents ▪ Cofacteur d'enzymes ▪ Influx nerveux ▪ Contraction musculaire ▪ Coagulation du sang ▪ Fonctionnement du muscle cardiaque	▪ Fragilisation des os ▪ Crise de tétanie ▪ Troubles au niveau de peau, des dents, des phanères, du cristallin ▪ Un excès de calcium perturbe l'assimilation des autres ions et provoque des calculs rénaux (Zinc, Fer, Magnésium)	▪ Fromages à pâte dure ▪ Amandes ▪ Cresson ▪ Persils ▪ Noisettes ▪ Fruits secs ▪ Laitages ▪ Mollusques ▪ Haricots verts ▪ Œuf (jaune) ▪ Eaux ▪ ...
Phosphore	700 mg $Ca^{2+}/Ph \geq 1$ En lien avec le calcium Pertes essentiellement par voie urinaire	▪ Santé des os et des dents ▪ Minéralisation du squelette ▪ Fonctionnement des nerfs et des muscles ▪ Réaction énergétique (ATP) ▪ Constitution des cellules ▪ Absorption de certains nutriments	▪ Peut provoquer des fourmillements et une apparition plus fréquente de crampes musculaires	▪ Fromages ▪ Œufs (jaune) ▪ Lait ▪ Fruit oléagineux ▪ Légumes secs ▪ Chocolat ▪ Mollusques et crustacés ▪ Viandes et poissons (sardines, thon)
Potassium	2000mg Perte par les urines et la sueur	▪ Nécessaire à l'équilibre des fluides (<i>empêche la fuite d'eau dans les cellules</i>) ▪ Transmission de l'influx nerveux ▪ Contraction musculaire ▪ Automatisme cardiaque ▪ Favorise la digestion et l'assimilation	▪ Effets nocifs sur le cœur ▪ Crampes	▪ Légumes secs ▪ Les fruits secs et oléagineux ▪ Viandes et poissons (<i>maquereaux et sardines</i>) ▪ Chocolat ▪ Bananes ▪ Cassis Les aliments les plus pauvres sont les produits sucrés et les matières grasses
Sodium	1 à 2 g Perte dans les selles et la sueur	▪ Équilibre hydrique de l'organisme ▪ Hydratation des cellules ▪ Régulation de la pression artérielle (<i>rôle au niveau rénal</i>) ▪ Contraction musculaire (<i>cardiaque entre autres</i>) ▪ Maintien de l'équilibre acidobasique ▪ Excitabilité des muscles	▪ Un excès provoque une hypertension artérielle ▪ Un déficit provoque une hypotension avec malaise, des troubles de la coordination voir coma	▪ Sel de cuisine ▪ Nombreux aliments (charcuterie, lait, œufs, poissons, viandes, conserves, eaux minérales, fromage, pain...)

MINÉRAUX	APPORTS JOURNALIERS ⁵¹	RÔLES	PATHOLOGIES ASSOCIÉES	SOURCES ⁴⁸
Magnésium	375mg <i>Les 2/3 sont fixés sur l'os sous forme de bicarbonate et phosphate de magnésium</i> Pertes dans les selles et urinaires	▪ Fonctionnement cellulaire ▪ Transmission de l'influx nerveux ▪ Formation d'anticorps ▪ Cofacteur enzymatique ▪ Production d'énergie ▪ Régulation du rythme cardiaque	▪ Faiblesses musculaires ▪ Crampes ▪ Crises de tétanie ▪ Troubles digestifs ▪ Spasmophilie ▪ Manque de tonus ▪ Fatigue (<i>physique et morale</i>) ▪ Nervosité	▪ Chocolat ▪ Céréales complètes ▪ Fruits secs ▪ Oléagineux ▪ Crustacés ▪ Légumes secs ▪ Riz ▪ Pain complet ▪ Épinards ▪ Bananes
Fer	9 mg pour l'homme 16 mg pour la femme <i>La vitamine C et la vitamine B9 permettent d'augmenter l'assimilation</i> <i>Caféine, théine et Calcium diminuent l'assimilation.</i>	▪ Fabrication des globules rouges ▪ Production de l'hémoglobine ▪ Évacue le gaz carbonique amène l'oxygène ▪ Constituant de structure indispensable à la production d'énergie (<i>cytochrome</i>) ▪ Performance intellectuelle	▪ Anémie : pâleur et fatigue ▪ Affaiblis tout l'organisme et favorise les inflammations ▪ Si grandes carences : vertiges, grande faiblesse, maux de tête, palpitations, difficultés respiratoires et malaises	▪ Héminique Viandes, boudin noir, foie, poissons ▪ Non héminique : (<i>5% d'assimilations</i>) ▪ Lentilles et légumes secs

Chez les sportifs, les besoins supplémentaires serviront souvent à compenser les pertes.

Le Sodium

Lors de la pratique de sport, la transpiration permet de pouvoir évacuer la sueur et de réguler la température. Elle provoque une fuite de sodium. Afin d'éviter une hyponatrémie, il faut compenser ces pertes par l'utilisation de boissons de récupération avec du chlorure de sodium à hauteur de 1,2g/L.

Le Potassium

Même si les pertes sont souvent modérées, on va conseiller l'utilisation de légumes et de fruits frais et notamment pour les épreuves sportives de plus de 3h où les pertes sont alors plus élevées. Il est possible de retrouver du potassium dans les boissons d'exercice à hauteur de 0,4g/L.

Le Fer

Le fer va servir au transport de l'oxygène et à la fabrication d'énergie en aérobie. Les pertes en fer vont être causées par plusieurs mécanismes :

- La sueur : elle contient du fer ;
- Hémolyse : dans les capillaires sanguins au sein des muscles, le stress oxydatif et les variations osmotiques peuvent fragiliser les globules rouges.
- Le transit : il est accéléré et donc le fer aura moins le temps d'être absorbé
- Pour les femmes, les menstruations peuvent être une grande cause d'anémie.

On va pouvoir augmenter les apports de 6 mg par tranche de 1000 kcal d'effort, au-delà de 2200 kcal pour les hommes et 2000 kcal pour les femmes.

Cependant, cette quantité de fer est relativement difficile à satisfaire.

Exemple : pour 100g ⁵¹:

Boudin noir sauté : 22,8mg

Pain grillé, tranche multicéréale : 9mg

Fruits de mer cuits ou surgelés : 8,48mg

Onglet de bœuf grillé : 4mg

Bavette de bœuf grillé : 3,38mg

On retrouvera le fer en grande quantité dans les herbes aromatiques, mais leur consommation en grande quantité n'est pas évidente. Exemple : pour 100g de thym séché, nous aurons 124mg de fer.

Le problème de en fer va pouvoir se poser chez la sportive.

En effet, les pertes en fer imputées à la pratique sportive viennent s'ajouter aux réserves en fer déjà limitées et modifiées par les cycles menstruels.

Pour les sportives on va conseiller de suivre régulièrement, par le biais de prise de sang, le taux de fer dans le sang. Si une anémie est alors détectée, on supplémentera en fer.

Le Magnésium

L'augmentation de l'activité entraîne une perte de magnésium chez le sportif. Elle pourra être compensée par une prise de 150 mg pour 1000 kcales brûlées.

Le Calcium

Chez les sportifs et dans la société en général, l'apport calcique est souvent en dessous des apports journaliers nécessaires, ce qui peut alors occasionner des désagréments tels qu'une altération des performances au niveau récupération, de la vitesse voire de la coordination. Un apport supplémentaire peut donc être envisagé afin de pallier cette carence.

1.3.3. LES OLIGOELEMENTS

Ce type de minéraux doit être présent dans l'organisme à très faible concentration. S'ils sont indispensables au fonctionnement de l'organisme, leurs excès peuvent être toxiques pour ce dernier.

Tableau XV Rôles des Oligo-éléments dans l'organisme⁵¹

Oligo-éléments	APPORTS JOURNALIERS ⁵¹	RÔLES	PATHOLOGIES ASSOCIÉES	SOURCES ⁴⁸
Cuivre	1mg	- Stimule les défenses immunitaires ; - Antibactérien ; - Anti-inflammatoire ; - Catalyseur dans la formation de l'hémoglobine ; - Assimilation du calcium et phosphore ; - Stimulation des fonctions cognitives ; - Régulation des sécrétions thyroïdiennes, corticosurrénales et hypophyse	- Maladie de Wilson - Maladie de Menkès	- Les fruits de mer (huîtres, crevettes, crabes...) - Foie de veau - Soja - Haricots en grains - Noix - Amandes - Pain complet - Le plasma de quinton
Zinc	10 mg	- Permet l'augmentation du nombre de lymphocytes T donc stimule le système immunitaire ; - Intervient dans la synthèse des protéines ; - Agit sur la synthèse de l'insuline ; - Agit sur la cicatrisation ; - Agit dans la multiplication cellulaire et la synthèse de l'ADN ; - Antioxydant ; - Favorise la synthèse de certains acides aminés ; - Agit sur le système nerveux.	- Fatigue ; - Rhumes fréquents ; - Manque d'appétit ; - Dépression ; - Engourdissement cérébral ; - Acné ; - Petites taches blanches sur les ongles ; - Cheveux fragiles, ternes et qui tombent en plus grande quantité que d'habitude.	- Les fruits de mer (huîtres, crevettes, crabes...) - Bœuf ; - Foie de veau ; - Maroilles .
Sélénium	0,055mg	- Antioxydant par la neutralisation des radicaux libres. - Stimule le système immunitaire - Réduit la fréquence des troubles de l'humeur ; - Préserve le capital santé des cheveux et des ongles et aide la peau à conserver son élasticité ; - Participe au fonctionnement de la glutathion-peroxydase	- Excès : Fatigue, perte de poids, irritabilité, ongles et cheveux cassants. - Carence : Risque d'infections à répétition fatigue, peau sèche et progressivement ridée et pigmentée (taches brunes), troubles musculaires, troubles cardiovasculaires : cardiomyopathie (la maladie de Keshan), insuffisances cardiaques, angine de poitrine, infarctus.	- Thon ; - Coquille Saint-Jacques ; - Bar ; - Sardines ;
Manganèse	2mg	- Synthèse du collagène ; - Construction des os et des articulations ; - Métabolisme des glucides ; - Métabolisme du cholestérol ;	- Excès : excitation, hypertension, maux de tête, douleurs musculaires. - Carence : Baisse de cholestérol sanguin, altération de la fonction de reproduction, ralentissement du	- Avoine - Noix de pécan - Noix de macadamia - Ananas - Galette de riz soufflé complet

		▪ Synthèse des hormones thyroïdiennes et sexuelles ; ▪ Activité antioxydante	développement des ongles et des phanères	
--	--	---	--	--

Même s'il ne s'agit que de faibles quantités, nous venons de voir que l'apport de micronutriments est primordial pour un bon fonctionnement de l'organisme.

Que ce soit pour les vitamines, les minéraux ou les oligoéléments, une alimentation équilibrée devrait suffire à apporter les quantités nécessaires.

De même, comme nous allons de voir dans la partie suivante, ces micronutriments pourront, pour certains, se trouver dans les eaux nécessaires à l'hydratation.

1.4. L'HYDRATATION

L'eau peut représenter entre 50 et 70% de la masse totale d'un Homme. Cette eau est plus présente dans la masse musculaire que dans la masse grasse. Son principal rôle dans l'organisme est de permettre les échanges dans l'organisme.

Notamment, elle permet :

- l'échange de micronutriments entre les cellules (2/3 de l'eau se trouve sous forme intracellulaire et le reste sous forme extracellulaire) ;
- la balance électrolytique ;
- la régulation de l'acidité du sang, de la volémie sanguine ;
- le fonctionnement musculaire.

La balance hydrique, c'est-à-dire l'équilibre entre les apports et les pertes, est importante puisqu'elle va permettre :

- d'augmenter ou de diminuer le rythme cardiaque en fonction de l'activité ;
- d'augmenter ou de diminuer la température du corps ;
- d'améliorer la circulation sanguine ;
- d'optimiser le débit cardiaque ;
- d'améliorer la tension artérielle ;
- d'optimiser l'utilisation du glycogène musculaire.

On peut décrire plusieurs stades au niveau de l'hydratation :

- Le stade optimal où l'organisme est à l'état d'équilibre.
- Le stade d'hyperhydratation où la balance hydrique est positive et est rapidement régulée par la fonction rénale.
- Le stade d'hypohydratation où la balance hydrique est négative. Il se met alors en place des mouvements d'eau du milieu intracellulaire vers le milieu extracellulaire.

Le stade de déshydratation correspondant à une perte d'eau excessive :

- 1% : augmentation de la température corporelle ;
- 2% : diminution importante des performances ;

- 5 à 6 % : sensation de soif, état de fatigue et maux de tête, choc thermique, troubles de la conscience ;
- 7% : hallucinations ;
- 10% : perte de connaissance ;
- 15% : urgence mortelle qui nécessite une réhydratation par voie intraveineuse.

On peut repérer une déshydratation par l'apparition des symptômes suivants :

- Urines foncées ;
- Peu ou pas d'urine (oligurie ou anurie) ;
- Sècheresse de la bouche ;
- Faiblesses musculaires ;
- Maux de tête ;
- Maux d'estomac ;
- Vertiges.

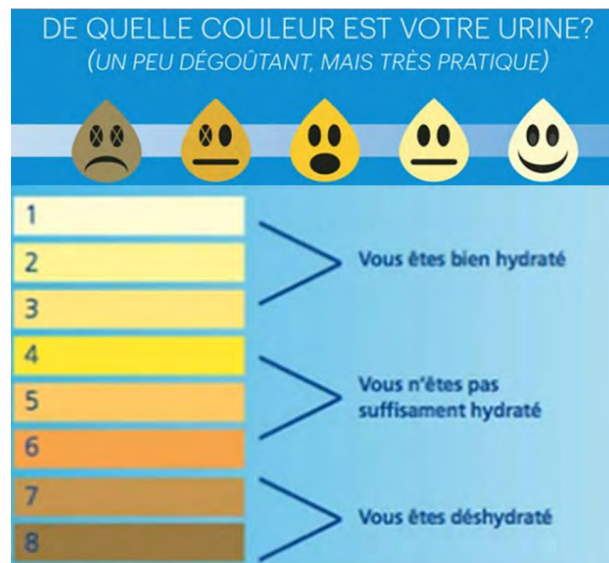


Figure 17: Évaluer l'hydratation en fonction de la couleur des urines⁵⁰

1.4.1.1. Les origines des pertes d'eau

Plusieurs mécanismes se mettent en place dans l'organisme et provoquent une perte d'eau. Les volumes de perte d'eau peuvent varier et aller jusqu'à plus de 6 litres pour un adulte selon la température extérieure et l'intensité de l'exercice.

1.4.1.1.1. La transpiration

Dans toutes les conditions, l'organisme va tenter de maintenir sa température la plus constante possible. Ainsi, lors de la pratique d'une activité physique, la température corporelle va augmenter. Afin de pouvoir baisser celle-ci, l'organisme va évacuer l'excès de chaleur sous forme d'eau et de sueur (on peut perdre jusqu'à 3L d'eau en 1h d'exercice intense et 1ml par kilocalorie éliminée).

Avec cette sueur seront également évacués des minéraux :

- 0.9 g/litre de sodium ;
- 0,2 g/litre de potassium ;
- 0,015 g/litre de calcium ;
- 0.0013 gramme/litre de magnésium.

Certains facteurs vont jouer sur ce phénomène de transpiration :

- Température extérieure : plus celle-ci est élevée, plus la transpiration sera importante ;
- L'humidité, car l'évaporation de l'eau diminue avec l'humidité ambiante ;
- Les vêtements, car ils peuvent piéger la chaleur ;
- La taille ou plus exactement la surface corporelle ;
- La condition physique.

1.4.1.1.2. **La Respiration**

La respiration est un phénomène naturel qui permet à l'organisme de pouvoir apporter aux cellules l'oxygène dont elles ont besoin tout en permettant l'évacuation de dioxyde de carbone. Lors de la phase d'expiration, l'organisme va, en plus de l'air, évacuer de l'eau.

Chez une personne sédentaire, l'élimination d'eau par cette voie peut varier entre 250 et 300mL/jour.

Lors d'une activité sportive, la vitesse et le débit de la respiration augmentent, l'élimination de l'eau peut s'accroître jusqu'à 600 ml/jour⁵².

1.4.1.1.3. **L'élimination fécale**

Elle correspond chez un adulte en bonne santé à 200mL/jour. En cas de pathologie ou de transit accéléré (observé dans certains sports) tel que la diarrhée, cette élimination peut augmenter.

1.4.1.1.4. **Élimination urinaire**

Cette voie d'élimination est la voie physiologique de perte d'eau la plus importante de l'organisme. Le volume d'élimination peut considérablement varier, évoluant de 500 ml/jour à plusieurs litres par jours.

Outre son rôle d'élimination des déchets présents sous forme de solutés, l'urine est le résultat de deux principales fonctions rénales : l'excrétion des solutés et la régulation des volumes de liquides corporels afin de maintenir une pression artérielle optimale. Ces deux fonctions peuvent agir indépendamment. En effet, lorsque la quantité d'eau à éliminer est plus importante qu'habituellement, quantitativement, l'excrétion des solutés sera normale, il n'y aura pas automatiquement de perte plus importante du fait d'une régulation physiologique. Plus la quantité d'eau à éliminer sera importante, plus les solutés à excréter seront dilués, ce qui explique alors les différentes colorations de l'urine.

⁵² <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1459/pdf>

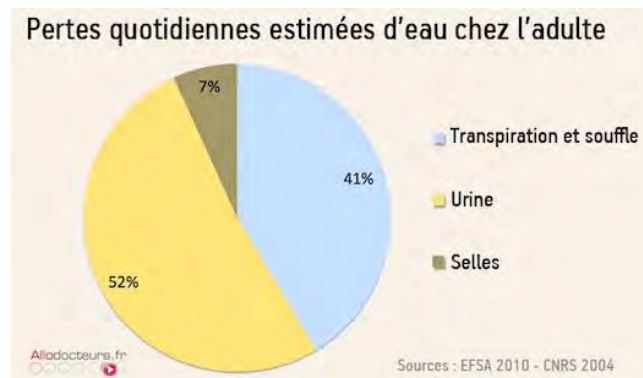


Figure 18 : Pertes quotidiennes en eau chez l'adulte⁵³

1.4.1.2. Apport en eau

1.4.1.2.1. Absorption

L'estomac est fermé par un sphincter pylorique qui permet de provoquer la vidange gastrique. Une fois l'eau arrivée dans l'intestin, celle-ci sera absorbée et rejoindra la circulation sanguine. Elle passera ensuite par les reins ou le surplus sera éliminé avec les déchets via l'urine notamment.

L'ouverture de ce sphincter dépend de plusieurs facteurs :

- La température des liquides ingérés : en effet plus le liquide sera chaud, moins le sphincter s'ouvrira de manière à préserver les muqueuses intestinales.
- La densité calorique absorbée : plus le contenu de l'estomac sera calorique et riche en matières grasses, plus celui-ci mettra du temps à effectuer la vidange afin de laisser les enzymes découper au maximum les molécules de graisses.
- L'intensité de l'exercice : plus l'exercice sera intense, moins le sang sera disponible pour le fonctionnement de la digestion (ce qui explique que pendant un effort il ne faut boire qu'en petite quantité).
- La concentration de sodium : les mouvements d'eau se font en parallèle des mouvements du sodium. Plus une eau sera riche en sodium, plus elle sera absorbée.

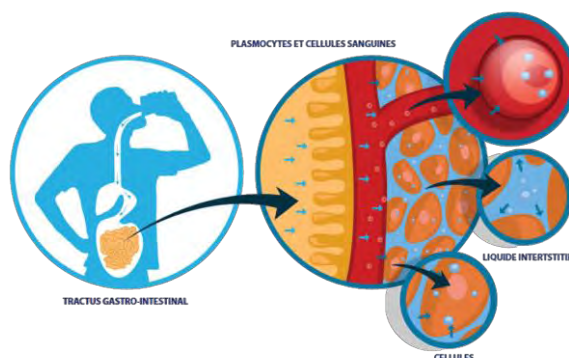


Figure 19: Parcours de l'eau : de l'ingestion jusqu'aux cellules⁵⁴

⁵³ EFSA 2010 et CNRS 2014 via www.allodocteurs.fr

⁵⁴ <http://www.h4hinitiative.com/fr/academie-h4h/lacademie/eau-et-hydratation-bases-physiologiques-chez-ladulte/leau-dans-le-corps>

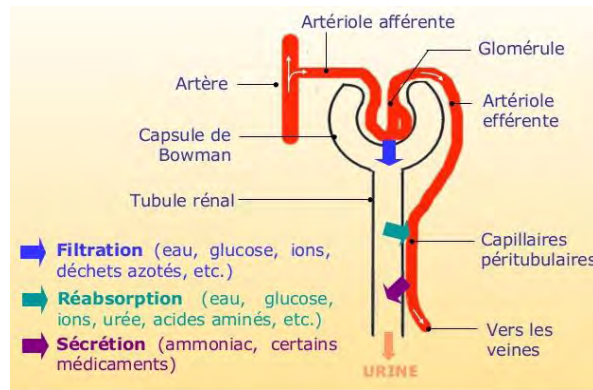


Figure 20: Excrétion rénale de l'eau et formation de l'urine⁵⁵

1.4.1.2.2. Avoir une hydratation adaptée à la durée de l'effort

Théoriquement, il faudrait pouvoir apporter 40ml/kg de masse corporelle par jour et rajouter 1 litre/heure d'exercice.

Les différentes eaux :

Tableau XVI : Composition des eaux de grandes marques⁵⁶

Eau	Minéraux (mg/L)	Potassium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	Calcium (mg/L)	Sodium (mg/L)	pH
Volvic®	130	6,2	8	11,5	11,6	7
Evian®	309	1	24	78	5	7,2
Thonon®	342	1	16	92	6	7,4
Vittel®	841	1,9	43	202	4,7	7,6
Contrex®	2125	2,8	74,5	468	9,4	7,4
Courmayeur®	2285	2,8	56	565	0,6	7,6
Hépar®	2513	4,1	119	549	14,2	7,2

Au vu des compositions en minéraux, il sera conseillé au sportif de choisir des eaux riches en minéraux c'est-à-dire de choisir Contrex®, Courmayeur® ou Hépar®. Entre ces 3 eaux, j'opterai pour l'Hépar® qui est l'eau la plus riche en minéraux et qui permet de compenser toutes les pertes. Cependant, celle-ci étant connue pour son action légèrement dépurative, on pourra se tourner vers les 2 autres si besoin.

Ces eaux ont l'avantage de pouvoir réapprovisionner l'organisme en minéraux qui peuvent être éliminés par la transpiration et la voie urinaire. Elles vont également, avec leur pH alcalin, permettre de diminuer l'acidité de l'organisme.

En effet, lors d'un effort, l'organisme va produire de l'acide lactique qui va venir acidifier le pH sanguin et l'organisme en général. Cette diminution du pH sanguin peut aller jusqu'à l'acidose (même si ce phénomène est rare). Celle-ci est d'autant plus possible en raison de la nature de l'alimentation actuelle basée sur des produits à tendance acide.

⁵⁵ <https://www.slideshare.net/mohamedsadekbachene/fonctions-renales>

⁵⁶ Données prises sur les sites des marques d'eau minérales

En utilisant des eaux minéralisées alcalines, on va ainsi pouvoir augmenter le pH sanguin et rapporter des minéraux.

Avant une séance

Dans l'idéal, il faudra apporter entre 5 et 7 ml/kg d'eau dans les 4h qui vont précéder le début de la séance sportive. L'idéal sera d'avoir une urine la plus claire possible qui indiquera un bon niveau d'hydratation.

Pendant la séance

Pendant la séance, il va falloir chercher à compenser, autant que faire se peut, les pertes d'eau dues à la transpiration et à la respiration. Il faudrait réussir à compenser 80% des pertes en eau.

Il est possible de déterminer les apports en eau nécessaire par la méthode de la pesée. On va peser le sportif avant et après la séance sportive. Si l'hydratation a été suffisante, la perte de masse ne doit pas dépasser les 2%. En effet au-delà de 2% on considère que le sportif est sous-hydraté et cela va alors avoir des répercussions sur ces performances pouvant aller jusqu'à 20% de perte de performances.

Tableau XVII : Déshydratation et performances physiques⁵⁷

Intensité relative	Auteurs	Déshydratation		Exercice	Réduction des performances
		Modalités	%pc		
90-100% VO₂max	Saltin (1964)	Sauna Exercice	3-4%	Ergocycle	20-45%
	Armstrong et al.(1985)	Diurétiques	1,9%	Course piste	3-4%
	Burge et al.(1993)	Exercice Restriction d'eau	2,5%	Aviron	9%
	Walsh et al.(1990)	Exercice Chaleur	1,8%	Ergocycle	44%
70-90% VO₂max	Armstrong et al.(1985)	Diurétiques	1,6%	Course (5000m)	7,2%
			1,2%	Piste (10000m)	7%
	Melin et al.(1990)	Exercice	1,3%	Course (tapis roulant)	16%
50% VO₂max	Melin et al.(1988)	Chaleur	1,1%	Marche (tapis roulant)	25%
			1,8%		35%
	Melin et al.(1990)	Chaleur	2,7%	Marche (tapis roulant)	32%

Une mauvaise gestion de son hydratation durant l'effort peut causer une hyponatrémie notamment durant les longues épreuves sportives.

⁵⁷ <http://www.chups.jussieu.fr/polys/dus/dusmedecinedusport/dunutrisport/dunsmelinhydratna/dunsmelinhydratna.pdf>

En 2001, Davill et Coll ont rapporté, lors des marathons de 1998 et 1999 à San Diego, 26 cas d'hyponatrémie (117-134mmol/L). Cette hyponatrémie est alors expliquée par le fait que les sportifs ont bu autant d'eau qu'ils le pouvaient durant l'épreuve ce qui eut pour conséquence d'augmenter la volémie et donc de diminuer les concentrations en minéraux.

Cette hyponatrémie peut également être due à une hydratation trop peu importante associée à une forte sudation qui laisse échapper des minéraux (cf. 1.3.4.1.1).

D'après le Docteur Melin, professeur au CHUPS de Jussieu⁵⁶, un individu moyennement entraîné qui pratique 1h de sport tous les 3 jours va perdre entre 0,5 et 1 litre de sueur et entre 1,8 g et 3,6 g de NaCl.

Un individu qui pratiquera 1 à 3 h d'activité physique quotidiennement perdra plus de 2 litres d'eau et entre 6 et 7 grammes de NaCl.

En ce qui concerne les pertes en potassium, celles-ci restent modérées même en cas de grosse sudation.

Comme on peut le voir, les pertes en eau et en NaCl sont les plus importantes et significatives. Afin de pouvoir pallier le déficit, on va conseiller au sportif de pouvoir boire suffisamment, même si l'apport durant l'effort en NaCl sous forme de sel n'a pas d'effet direct par rapport à l'eau seule. Cet apport va permettre de limiter la baisse du volume plasmatique et favoriser la rétention du volume liquidien extracellulaire.

En ce qui concerne le dosage, on conseillera de diluer 1,2 g de sel dans 1 litre d'eau ou de boisson.

Pour conclure sur les apports hydriques durant l'effort on fera varier cet apport en fonction de la durée de l'effort :

Tableau XVIII: Apport hydrique et en sel en fonction de la durée de l'effort⁵⁰

Durée de l'effort	Apport hydrique	Apport en NaCl
Inférieur à 1h	100 à 200 ml toutes les 20 minutes	Pas nécessaire
De 1 à 3h	Jusqu'à 1500 ml/h en fonction de l'intensité de l'exercice et du climat	1,2 g/ litre d'eau est conseillé
Supérieur à 3h	De 500 à 1000 ml/h	1,2 g/litre d'eau absolument recommandé

En ce qui concerne les autres minéraux, que ce soit le potassium ou le magnésium, les pertes durant la pratique sportive restent modérées même quand le débit sudoral est élevé.

Afin de pouvoir compenser cela, on pourra néanmoins utiliser des eaux minéralisées riches en ces minéraux. (cf. partie sur le choix de l'eau).

1h après l'effort

Lorsque la séance sportive est terminée, l'organisme continue d'utiliser de l'énergie et de brûler des calories. Il ne va revenir à l'état de repos que progressivement (effet d'inertie). C'est la raison pour laquelle le corps continue de transpirer plusieurs minutes après l'arrêt de l'effort. Afin de pouvoir bien se réhydrater on boira, pendant cette heure, 250 ml toutes les 15 min afin de pouvoir compenser les pertes. Les réserves en glucose ayant été utilisées durant l'effort, il sera possible d'utiliser une boisson contenant des glucides et également du sodium.

1.4.1.2.3. Boissons de l'effort

Il existe sur le marché des boissons énergétiques adaptées à la pratique sportive. Elles peuvent être classées en 3 catégories :

Les boissons hypotoniques

Elles contiennent 4 grammes de glucides pour 100 ml.

Elles vont permettre d'étancher la soif et seront, grâce à leurs compositions qui leur donnent une faible pression osmotique, absorbées plus rapidement que l'eau seule.

On les conseillera pour les sports de loisir, lors d'efforts faibles et courts.

Les boissons isotoniques

Elles contiennent entre 4 et 8 grammes de glucides pour 100 ml.

Elles vont permettre bien évidemment de pouvoir étancher la soif, mais également de pouvoir rapporter de l'énergie via l'apport en glucose. Leur absorption sera aussi rapide que celle de l'eau seule. L'objectif est de pouvoir avoir une absorption sur une plus longue durée que pour les boissons hypotoniques afin de durer davantage dans le temps.

On les conseille pour les sports d'endurance.

Les boissons hypertoniques

Elles vont contenir au moins 8 grammes de glucides pour 100 ml.

Ces boissons présentent une plus grande pression osmotique que les fluides corporels. Elles seront assimilées plus rapidement que l'eau, c'est pourquoi elles sont conseillées 30 à 60 minutes avant ou juste après une séance ou un entraînement sportif de manière à prévenir la déshydratation et les pertes d'eau.

Tableau XIX : Les différentes boissons du sportif⁵⁰

Hypotonique	Isotonique	Hypertonique
➤ 20-40g de sucre ➤ 1 litre d'eau tiède ➤ ¼ cuillère à café de sel ➤ Arôme (facultatif)	➤ 40-80g de sucre ➤ 1 litre d'eau tiède ➤ ¼ cuillère à café de sel ➤ Arôme (facultatif)	➤ 400ml de jus d'orange ou de pomme ➤ 1 litre d'eau tiède ➤ ¼ cuillère à café de sel
➤ 250ml de jus d'orange ou pomme ➤ 750ml d'eau ➤ ¼ cuillère à café de sel	➤ 500ml de jus d'orange ou de pomme ➤ 500ml d'eau ➤ ¼ cuillère à café de sel	



	Avantages	Inconvénients
Eaux	• Pas de calories • Rafraichissantes, étanchent la soif • Facilement disponibles	• Pas de glucides • On ne connaît pas toujours la composition en électrolytes
Boissons de l'effort	• Contiennent des glucides • Bon goût • Composition en électrolytes connue • Absorption rapide • Pratiques	• Peuvent contenir des calories non nécessaires • Mauvaises pour les dents
Jus de fruits	• Contiennent des glucides • Bon goût • Peuvent contenir du potassium • Peuvent contenir des vitamines et des minéraux	• Contiennent beaucoup de sucres • Peuvent causer des maux d'estomac • Peuvent apporter des calories non nécessaires • Mauvais pour les dents • Faible teneur en sodium
Boissons énergisantes	• Contiennent des glucides • Bon goût • Facilement disponibles • Effet stimulant si caféiné	• Contiennent beaucoup de sucres • Peuvent causer des maux d'estomac • La densité en nutriments est faible • Peuvent apporter des calories non nécessaires • Peuvent stimuler de manière excessive et non désirée

Il faudra faire extrêmement attention aux boissons dites énergisantes. En effet, leurs compositions font qu'elles sont néfastes pour le sportif :

- Elles sont riches en acides : propriétés acidifiantes pour l'organisme qui peut augmenter le risque de blessures musculaires, tendineuses et osseuses ;
- La présence de caféine, à effet diurétique, va augmenter les pertes en minéraux et va aggraver la déshydratation, de même elle va, avec le guarana, provoquer une augmentation des battements cardiaques, une augmentation de la tension artérielle, ce qui n'est pas nécessaire durant un effort, bien au contraire ;
- Les sels de sodium ne sont pas présents, à l'inverse des solutions de réhydratation, en quantité suffisante, pour couvrir les besoins dus à la perte d'eau et de sodium ;
- Les quantités de glucides mis dans ces boissons sont de plus de 100 g/L ce qui est beaucoup trop par rapport aux besoins (à titre exemple, dans une boisson de la marque Red Bull® il y a 11,3 g/100ml de boisson).

L'eau est un élément primordial dans le fonctionnement de l'organisme. Il sera donc très important pour le sportif d'avoir une hydratation avant, pendant et après le sport suffisante.

L'eau choisie devra être de préférence alcaline et riche en minéraux. C'est pourquoi je conseillerai d'utiliser des eaux comme l'Hépar®, la Courmayeur®, ou la Contrex®.

Il sera utile d'utiliser ces eaux comme base de solution de réhydratation si le sportif souhaite en faire lui-même (réalisation de solution hypotonique, isotonique et hypertonique).

La couleur de l'urine pourra servir de bon indicateur quant au niveau d'hydratation de l'organisme.

Enfin, il faudra veiller à bannir toutes les boissons énergisantes et les boissons trop sucrées qui peuvent provoquer des effets inverses aux effets souhaités par la consommation d'une boisson énergétique.

1.5. LES RÉGIMES SPORTIFS

1.5.1. LE REGIME PALEOLITHIQUE OU REGIME PALEO

C'est l'un des rares régimes alimentaires (tous régimes confondus) qui n'a pas été créé puisqu'il correspond au régime alimentaire des hommes du paléolithique.

Le Dr S. Boyd Eaton, anthropologue de son métier, en 1985 va effectuer un rapprochement entre l'alimentation de ces hommes et l'absence de maladies dégénératives. Pour lui, depuis nos ancêtres, notre génome n'a que très peu évolué en comparaison à l'évolution de l'alimentation industrielle. Ce qui fait que notre corps est encore largement adapté à ce que propose la nature à l'état brut, plutôt qu'à l'alimentation d'origine industrielle.⁵⁸

Onze ans plus tard, en 1996⁵⁹, le Dr Jean Seignalet, suite aux travaux du Dr S. Boyd Eaton, publie l'ouvrage « L'alimentation ou la troisième médecine » dans lequel il conclut qu'un retour à l'alimentation paléolithique est une solution pour lutter contre les maladies auto-immunes. C'est pourquoi il renomme le régime paléolithique le « régime hypotoxique ».

C'est en 2001 que Loren Cordain⁶⁰ (docteur en éducation physique) publie un livre qui cherche à démontrer comment adapter la diététique paléolithique à notre époque.

L'explosion de la popularité de ce régime va être due à une nouvelle pratique sportive, « le Cross Fit », qui est plus qu'une pratique sportive. Le Cross Fit va utiliser des entraînements adaptés pour faire travailler de façon optimale les différentes filières métaboliques en permettant à l'organisme une adaptation neurologique et hormonale. L'objectif est, pour la personne qui pratique cette activité, de pouvoir s'adapter, dans la vie de tous les jours, à l'utilisation de l'ensemble de son corps, via l'utilisation de mouvements polyarticulaires spécifiques. C'est dans cette optique que l'alimentation et le régime paléolithique vont trouver toute leur place dans la philosophie de cette pratique. Tout est fait pour pouvoir respecter son organisme en en tirant le maximum, ce qui correspond parfaitement au régime paléolithique.

Du point de vue de l'alimentation, ce régime est basé sur l'interdiction de tous les produits issus de l'alimentation moderne. C'est-à-dire que seront interdits :

- Les produits laitiers
- Les céréales : blé, riz, maïs, orge, seigle...
- Les légumineuses : lentilles, haricots blancs, soja, pois chiches...
- Les huiles : tournesol, arachide, maïs, colza
- Le sel
- Les produits transformés
- Les sucres raffinés
- L'alcool
- Le café
- Les pommes de terre.

L'interdiction des céréales, fait de ce régime, un régime sans gluten.

⁵⁸ Eaton S.Boyd (1985) Paleolithic Nutrition « New England Journal of Medicine

⁵⁹ Dr Jean Seignalet « L'alimentation ou la troisième médecine » 1996

⁶⁰ Loren Cordain (2011) The Paleo Diet Revised: Lose Weight and Get Healthy by Eating the Foods You Were Designed to Eat

L'idée de ce régime est de manger mieux sur le plan qualitatif, c'est-à-dire qu'on va chercher à manger des produits issus de l'agriculture biologique et ayant subi le moins d'effets de transformations industrielles (*par exemple en consommant des viandes dont les animaux ont été nourris par des plantes et non par des poudres animales*).

Au niveau des apports protéiques, à la différence d'une alimentation classique (AET 10 à 15%), ici on va chercher à atteindre 19 à 35% des AET. Ces protéines pourront provenir de la viande, du poisson ou des fruits de mer.

Les lipides seront principalement des graisses mono-insaturées et polyinsaturées (dont les oméga-3). Les oméga-6 et les acides gras saturés seront interdits. Les huiles qui seront majoritairement utilisées et conseillées seront l'huile de noix de coco ou l'huile de noix.

Les glucides auront pour source les légumes (concombre, courge, tomate, baie). Cependant, la source en glucides de ces fruits n'est pas très importante. En effet, ici nous aurons entre 35 et 45% des AET et pas de produits sucrés, alors que pour une population sportive on conseillera plutôt 50 à 60%, dont 10% de produits sucrés maximum.

L'intérêt dans le sport de ce régime :

- Un apport protéique important, et surtout de bonnes qualités, permet une meilleure assimilation de ces protéines.
- Un apport important en oméga-3.
- Par les fruits et les légumes, on aura un grand apport de vitamines, de minéraux et de fibres.

Les limites de ce régime :

- Le faible apport en glucide peut provoquer une carence (*cf. 1.2.1*) ;
- Le fait de supprimer tous les produits laitiers peut provoquer la survenue d'une carence en calcium et poser des problèmes sur la densité osseuse et la contraction musculaire (*cf. 1.3.2*) ;
- La suppression des principales sources de lipides (notamment les oméga-6 et 9) fait qu'il est difficile de réussir à apporter une quantité suffisante de graisses, entraînant une diminution de l'assimilation des protéines liposolubles et à terme un risque de carence ;
- Le régime hyperprotidique peut causer une fatigue rénale, l'accumulation de la cétoanionénose (masse grasse) et une acidification du milieu sanguin ;
- L'ensemble des interdictions peut provoquer des difficultés sociales importantes (restaurants, soirées en amis....) ;
- Pour les sportifs qui ont de grosses dépenses énergétiques, il est difficile de réussir à couvrir la ration énergétique correspondante.

En 2015, la British Dietetic Association (BDA) a classé le régime paléo parmi les 5 pires régimes pratiqués par les célébrités⁶¹.

Ce régime, même s'il présente des avantages n'est, à cause de ses nombreux inconvénients, pas l'idéal. De plus, nous n'avons pas encore assez de recul pour savoir ce qu'il peut produire, à long terme, sur l'organisme dans les conditions de vie contemporaines.

⁶¹ Classement des régimes par la British Dietetic Association : <https://www.bda.uk.com/news/view?id=39>

C'est pourquoi beaucoup de ceux qui pratiquent ce régime ne le pratiquent pas strictement. Il existe des degrés de pratique, que je ne détaillerai pas précisément ici, mais qui permettent notamment d'inclure le quinoa, le sésame, le sarrasin et le riz. La pratique du régime paléolithique peut inclure également ce qu'on appelle un « cheat meal », c'est-à-dire une fois de temps en temps, un repas ou le sportif va pouvoir enfreindre toutes les règles, ce qui lui permet de ne pas se désocialiser d'un point de vue alimentaire, d'éviter tout sentiment de privation et de pourvoir aux éléments nutritifs dont il manque par ce régime.

***Ce régime est un régime que je peux conseiller à une condition, c'est de ne pas le respecter de façon radicale.
La pratique d'un régime, quel qu'il soit, s'il est trop strict, peut provoquer, par cette frustration, la survenue de troubles alimentaires.
Afin de pouvoir éviter cela, je conseillerai au pratiquant de s'octroyer entre 2 et 3 repas par semaine ou il puisse faire des écarts au régime.
Par ces écarts, le sportif va même pouvoir éviter les carences induites par ce régime alimentaire.***

1.5.2. REGIME DISSOCIE SCANDINAVE

Auguste Chaveau, médecin et vétérinaire, est le premier qui va, durant le XIX^{ème} siècle, mesurer l'impact des réserves glucidiques au sein des muscles afin de voir leurs effets sur l'énergie motrice durant un effort⁶². Il détermine que le glycogène, qui est la partie réserve du glucose, est stocké dans le tissu musculaire et dans le foie. Il va redistribuer le glucose dans le sang afin de maintenir une glycémie constante et ainsi satisfaire aux besoins des mitochondries des muscles, mais aussi au cerveau.

Par la suite, les chercheurs scandinaves Christensen et Hansen, Bergstrom, Hultman, Hermansen et Saltin vont mettre en évidence l'influence de l'alimentation lors des efforts intenses. En effet, ils démontrent que l'accroissement des stocks de glycogène permet de maintenir un effort intense sur une plus grande durée et d'améliorer les performances de façon significative. Ce régime sera recommandé pour les sportifs faisant des épreuves longues et intenses comme les skieurs de fond.

De façon plus synthétique, ce régime contient deux phases :
Tout d'abord la phase hypoglucidique qui va se dérouler du 6^{ème} au 4^{ème} jour avant la compétition. La répartition des apports alimentaire devra alors être :

- Hypoglucidique (10 à 20% des AET)
- Hyperprotidique (30 à 35% des AET)
- Hyperlipidique (50 55% des AET)
- Ration hydrique importante : 2 litres par jour
- entraînement intense pendant plus de 1h avec une VO₂max à 80%

Le but de cette phase est d'épuiser les réserves glycogéniques musculaires.

Ensuite, nous aurons la phase hypoglucidique qui se déroulera du 3^{ème} jour à la veille de la compétition. Cette phase aura pour but de provoquer une recharge glycogénique et d'arriver même à une supplémentation de cette réserve par rapport au point de départ selon la loi de Weigert qui démontre le phénomène de surcompensation.

⁶² Le Travail musculaire et l'énergie qu'il représente, Asselin & Houzeau (Paris), 1891

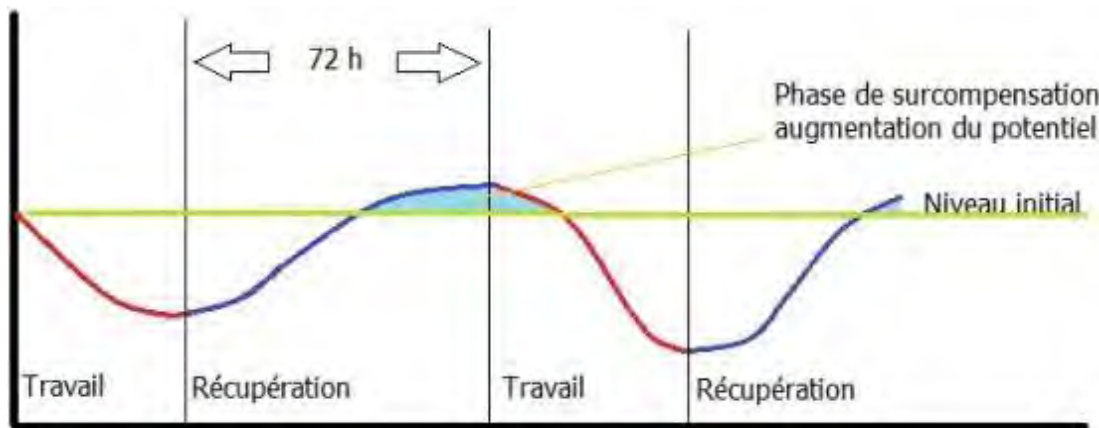


Figure 21: Loi de Weigert⁶³

Au niveau de la répartition des apports alimentaires, elle sera :

- Hyperglucidique (70 à 80% des AET)
- NormoProtidémique (12 à 15% des AET)
- Hypolipidique (5 à 8% des AET)

On gardera une ration hydrique importante : 2 litres par jour. On ajoutera un entraînement léger afin de garder le corps en activité tout en saturant les réserves musculaires en glycogène.

Ce régime, à la différence du régime paléolithique, même s'il n'est que sur quelques jours (sachant qu'il s'accompagne d'une hygiène de vie alimentaire devant être bonne) possède des inconvénients.

En effet, il va provoquer une perte de poids avec de possibles troubles de l'humeur (trouble compulsif notamment sur les sucres lors des 3 premiers jours), des troubles digestifs lors de la première phase en lien avec le gros apport en lipides. De plus, la baisse imposée des réserves en glycogène va provoquer une baisse de la glycémie, ce qui peut provoquer une sensation de fatigue accompagnée d'une baisse du système immunitaire. Enfin, ce régime peut provoquer une prise de masse grasseuse, en effet le muscle a des capacités de stockage limitées, par conséquent le glucose apporté dans la phase hypoglucidique peut-être stocké dans les adipocytes.

Comme on peut le voir, ce régime n'est pas complètement satisfaisant en ce qui concerne la préparation sportive puisqu'il va comporter des inconvénients pouvant finalement nuire aux performances de l'athlète. C'est pourquoi ce régime a été revu et corrigé pour devenir le Régime Dissocié Modifié ou RDM.

1.5.3. REGIME DISSOCIE MODIFIE

Comme on a pu le voir précédemment, le régime dissocié scandinave possédait plusieurs inconvénients pour l'athlète. Afin de prévenir les déficits en micronutriments, d'éviter les problèmes digestifs et de limiter les pertes minérales et la baisse des stocks de glycogène tout en préservant un état d'hydratation adéquat, une réserve de

⁶³ <http://a133.idata.over-blog.com/600x255/5/03/02/33/surcompensation.jpg>

glycogène optimale et une bonne récupération, le RDM va apporter quelques modifications.

On va alors parler du Régime Dissocié Modifié dit « de Sherman »⁶⁴. À la suite de recherches, il a été démontré que 3 jours d'hyperglycémie suffisaient pour avoir une surcompensation glycémique et qu'il n'y avait nul besoin de provoquer une hypoglycémie préalable ni de pratiquer une séance intensive en phase 1.

Le régime commencera alors par une phase Normoglycémique avec une répartition des apports alimentaires du 6^{ème} au 4^{ème} jour :

- Normoglycémique (50 à 60% des AET) ;
- Normoprotéique (12 à 15% des AET) ;
- Normolipidique (20 à 35% des AET).

On conservera une ration hydrique de 2 litres par jour, accompagnée d'un entraînement normal (intensité entre légère et intense).

À partir du 3^{ème} jour et jusqu'au jour de la compétition, on passera alors en phase hyperglycémique avec la répartition alimentaire suivante :

- Hyperglycémique (70 à 80% des AET) ;
- Normoprotéique (12 à 15% des AET) ;
- Hypolipidémique (8 à 15% des AET).

Le tout avec un entraînement d'intensité légère et un apport hydrique de 2 litres par jour. Lors de cette phase, on va augmenter l'apport énergétique total de manière à ce qu'il soit légèrement en excédent par rapport à la dépense.

1.5.4. CONCLUSION

Dans tous les régimes et pour tous les sportifs voulant avoir des réserves en glycogène les plus élevées possible, il sera important d'éviter tous les aliments qui pourront perturber la synthèse de ce glycogène.

On conseillera donc aux sportifs d'éviter :

- Les viandes faisandées, fermentées ou trop grasses ;
- Les fritures ;
- Les graisses cuites ;
- Les légumes à gout fort ou fermentescible ;
- L'alcool.

Mon avis sur les régimes, est que bien souvent ils sont source de frustration ce qui peut amener à des troubles du comportement alimentaire.

Je pense qu'il faut que les personnes, qu'elles soient sportives ou non, modifient leurs habitudes alimentaires.

Dans l'air du temps où on retrouve une réelle envie de retour au biologique (Bio) et au naturel, manger en moins grosses quantités, mais des aliments de meilleure qualité peut être une première étape.

Il faut également conseiller d'éviter les plats préparés (souvent trop riche en sel, sucres et additifs).

Afin de pouvoir plus facilement éviter les plats préparés, il faudra (ré)apprendre à cuisiner et à utiliser les bonnes proportions d'aliments. C'est dans ce cadre des cours

⁶⁴ Thompson, Ron L and Sherman, Roberta S. Helping Athletes with Eating Disorders Champaign, IL.: Human Kinetics, 1993

de cuisine ou l'achat de livre de recettes peut se révéler une bonne idée. Afin d'optimiser les proportions, l'utilisation d'une balance peut également être judicieuse.

Cependant malgré le fait de faire attention à l'alimentation, certains souhaitent se tourner vers les compléments alimentaires afin de pouvoir compléter l'alimentation et les apports nutritifs.

Dans la prochaine partie nous allons donc voir de quoi sont composés les compléments alimentaires et s'ils ont un réel intérêt pour le sportif.

1.6. LES COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES

D'après le Décret n°2006-352 du 20 mars 2006⁶⁵ relatif aux compléments alimentaires on entend comme tel :

« 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 seul ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telle que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte-goutte et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité. »

Il est important également de noter que les minéraux et les vitamines ainsi que les quantités présentes dans les compléments alimentaires sont encadrés par une législation stricte imposée par l'Arrêté du 9 mai 2006⁶⁶ relatif aux nutriments pouvant être employés dans la fabrication des compléments alimentaires.

De même, avec le Décret n°2006-352⁶⁷, l'usage des plantes sera encadré. Les plantes utilisées et connues depuis longtemps par l'homme ne nécessiteront pas obligatoirement des démonstrations d'activités. Dans le domaine du sport, les compléments alimentaires auront pour but de pouvoir potentiellement améliorer les performances (aide ergogénique), de favoriser le rendement de la production énergétique et de favoriser la récupération.

Dans cette partie seront présentés les principaux composants des compléments alimentaires avec leurs mécanismes d'action (vérifiés ou supposés), leurs effets (vérifiés ou supposés), leurs utilisations dans le sport et enfin les positions des autorités de santé européennes face aux allégations de ces produits. Enfin en conclusion sera abordé l'intérêt de l'utilisation des compléments alimentaires dans le sport.

Il est important de rappeler que, dans tous les cas, il existera une réponse interindividuelle différente entre chaque personne prenant des compléments alimentaires, quels qu'ils soient. C'est-à-dire que chacun pourra être plus ou moins sensible aux effets de ceux-ci.

Concernant les allégations, en 2012, les autorités de santé européennes représentées par l'European Food Safety Authority (EFSA) et la Commission

⁶⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000638341>

⁶⁶ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000023980839>

⁶⁷ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000638341>

Européenne se sont positionnées sur certains composés dans les compléments alimentaires⁶⁸. Ces prises de position se sont basées sur l'analyse de nombreuses études qui ont abouti alors à des conclusions qui seront bien souvent en défaveur des substances vendues comme possédant des effets réels. En règle générale, les conclusions des autorités se font en l'absence d'essai concluant.

Mise à part la caféine qui a été inscrite sur la liste des substances à surveiller, aucun des autres produits utilisés dans les compléments alimentaires sur le marché et étant commercialisé sous l'étiquette norme AFNOR V 94-001 n'est surveillé par l'Agence Mondiale de la lutte antidopage.

1.6.1. LA CAFEINE

Origines

La caféine est une molécule qu'on va retrouver dans de nombreux médicaments et compléments alimentaires. On va la retrouver dans le café, le thé, le maté ou encore le guarana.

Mécanismes d'action

La caféine est un inhibiteur compétitif de la phosphodiesterase (PDE) qui va permettre d'agir en augmentant alors le taux d'Adénosine Monophosphate cyclique (AMPC) au niveau intracellulaire.

Effets supposés

C'est ce mécanisme d'action qui va provoquer les effets de la caféine :

- Stimulant et psychoactif ce qui induit une augmentation de la vigilance, de la concentration et une baisse de l'état de somnolence ;
- Cardiaque : Elle stimule et accélère le rythme ;
- Cérébrale : Elle va entraîner une constriction des vaisseaux. Elle va également avoir une action au niveau respiratoire et gastro-intestinal. De plus, elle agit au niveau du muscle squelettique et du flux sanguin rénal.

Il a été démontré, par des études *in vitro*, que la caféine va permettre d'avoir une action sur le déstockage des matières grasses de l'organisme en :

- Activant la lipolyse dans les adipocytes⁶⁹ ;
- Inhibant la lipogenèse par inhibition de l'expression de la lipoprotéine lipase (LPL), ce qui provoque une diminution de son activité sur les adipocytes matures⁷⁰ ;
- Inhibant le transport du glucose stimulé par l'insuline dans les adipocytes⁷¹.

⁶⁸ EU Register on nutrition and health claims, EFSA, 2014

⁶⁹ New derivatives of methylxanthine: effect of thiocaffeine, thiothéophylline and 8-phenyltheophylline on lipolysis and on phosphodiesterase activities. Scotini E et al. Pharmacol Res Commun, 15(2):131-143. 1983

⁷⁰ Effects of caffeine on lipoprotein lipase gene expression during the adipocyte differentiation process. Couturier C et al. Lipids, 33(5): 455-460. 1998.

⁷¹ Inhibitory mechanism of caffeine on insulin-stimulated glucose uptake in adipose cells. Akiba T et al. Biochemical pharmacology, 68(10):1929-1937. 2004.

Posologie⁷²

La dose de 400 mg/jour est souvent retenue comme la dose ne provoquant aucun désagrément.

Utilisations dans le sport

- Diminution de la sensation de fatigue ;
- Amélioration des réflexes et des temps de réaction ;
- Stimulant du système cardiaque ;
- Séchage par la mobilisation des acides gras stockés.

Positions des autorités sanitaires :

D'après les autorités, la caféine et les compléments alimentaires en contenant ne peuvent pas :

- Brûler les calories et des acides gras, favoriser le déstockage des acides gras et provoquer une perte de poids ou le maintien de celui-ci ;
- Améliorer les performances physiques (immédiates ou d'endurance), ou retarder la fatigue lors de l'effort ;
- Avoir une action sur le maintien de la glycémie ;
- Augmenter la vigilance (avec une prise comprise entre 40 et 75 mg de caféine).

En 2014, l'Agence Mondiale Antidopage (AMA) ajoute la caféine dans son programme de surveillance⁷³.

« L'AMA a ajouté à son Programme de surveillance 2014 les stimulants suivants : bupropion, caféine, nicotine, phényléphrine, phénylpropanolamine, pipradrol, pseudoéphédrine (< 150 mcg / ml) et synéphrine, ainsi que les narcotiques suivants : hydrocodone, mitragynine, ratio morphine/codéine, tapentadol et tramadol. Le mésusage de ces substances doit être surveillé en compétition. En outre, les glucocorticostéroïdes ont été ajoutés comme catégorie à surveiller hors compétition. »

1.6.2. LA CREATINE

Origines

La créatine est synthétisée pour moitié par l'organisme lui-même à partir de la glycine, de l'arginine et de la méthionine au niveau du foie, des reins et du pancréas. L'autre moitié est apportée de manière exogène par l'alimentation.

Les besoins quotidiens de l'organisme sont de 3 à 4 grammes par jour.

La créatine vendue dans les compléments alimentaires est une créatine synthétique.

On peut la retrouver dans certains aliments : (en g/kg)

- Hareng : 6,5 à 10
- Porc : 5 ;
- Thon : 4 ;
- Saumon : 4,5 ;
- Bœuf : 4,5 ;
- Lait : 0,1 ;

⁷² Scientific Opinion on the safety of caffeine EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2015)

⁷³ <https://www.wada-ama.org/fr/media/nouvelles/2013-09/reunion-du-comite-executif-de-lama-a-buenos-aires>

- Cerises : 0,02.

Mécanismes d'action

cf. 1.1.1.4.2 *La phase Anaérobie alactique.*

Effets supposés :

- Elle améliorerait les performances sportives lors des exercices intenses et de courte durée (de par son mécanisme d'action) ;
- Elle permettrait d'améliorer le rapport masse musculaire/masse adipeuse⁷⁴ ;
- Elle augmenterait le volume musculaire et la force.

Utilisations dans le sport

Elle est utilisée dans les sports nécessitant force et vitesse ou lors des efforts explosifs et répétés. Elle va être aussi utilisée chez les sportifs souhaitant améliorer leur récupération et/ou éviter la fonte musculaire.

Posologie

La dose recommandée par la plupart des industriels est de 2 à 3 grammes par jour.

Positions des autorités

D'après les autorités, il n'a jamais été réellement démontré que la créatine pouvait permettre de :

- favoriser l'accumulation de créatine dans les muscles ;
- augmenter les capacités d'endurance ;
- favoriser l'augmentation du volume musculaire ;
- augmenter les capacités d'attention et de concentration, la vivacité mentale, la mémorisation d'informations ou le maintien de la mémoire, y compris chez les personnes âgées.

Aussi, à ce jour, la créatine ne fait pas partie des interdictions de l'AMA. (cf. *site internet de l'AMA*)

1.6.3. L'ACIDE LINOLEIQUE CONJUGUE (CLA)

Origines

L'acide linoléique conjugué est un acide gras essentiel polyinsaturé faisant partie des oméga-6. Il n'est pas naturellement présent dans l'organisme et doit donc être apporté par l'alimentation.

L'acide linoléique est converti en CLA au niveau du rumen des animaux ruminants grâce à l'action des bactéries. C'est ce qui va expliquer leur présence majoritairement dans les viandes (bœuf, mouton...) et dans les matières grasses du lait. On peut le retrouver également dans les glandes mammaires des animaux.

Mécanismes d'action

Les mécanismes d'action ne sont encore que des suppositions, pas réellement démontrés.

⁷⁴ Branch JD. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2003 Jun;13(2):198-226.

Le CLA inhiberait le récepteur PPAR γ ce qui provoquerait alors l'inhibition de la différenciation des préadipocytes en adipocytes matures qui sont capables de stocker les lipides⁷⁵.

De même, il favoriserait l'inhibition de la lipogenèse en inhibant l'activité de la lipase ce qui provoquerait alors une augmentation du métabolisme des graisses stockées.

Enfin, il augmenterait également l'activité de la lipase hormono-sensible qui favorise la dégradation des triglycérides en acides gras libres.

Effets supposés

Les CLA pourraient intervenir au niveau de l'organisme en :

- favorisant la fonction du système immunitaire ;
- réduisant la matière grasse corporelle ;
- améliorant la sensibilité à l'insuline ;
- protégeant le corps contre la dégénération de la masse musculaire ;
- réduisant le taux de cholestérol ;
- protégeant contre l'athérosclérose et l'ostéoporose.

Utilisations dans le sport

La CLA est conseillée au sportif qui souhaite effectuer une perte de masse grasse sans perdre de masse musculaire.

Posologie :

Les fabricants conseillent de prendre entre 2 et 6 grammes par jour sachant qu'en règle générale il s'agit de gélules contenant 1 gramme donc 2 gélules 1 à 3 fois par jour.

Positions des autorités :

D'après de nombreuses études menées sur les porcs, notamment celles de Ostrowska et al (1999⁷⁶ et 2003⁷⁷) et Park et al (1997⁷⁸), l'effet de la CLA sur les porcs n'avait qu'un effet très réduit sur la perte de poids.

Il existe de nombreuses autres études faites sur les hommes qui donnent des résultats contradictoires concernant les effets des CLA sur les pertes de poids, cependant aucune étude ne permet réellement de conclure sur l'efficacité de la CLA dans la perte de masse grasseuse. C'est pourquoi les autorités ont estimé que les CLA ne peuvent pas prétendre contribuer à maintenir un poids normal en luttant contre l'accumulation de graisses ou l'effet yo-yo dû aux régimes amincissants.

1.6.4. LES ACIDES AMINES RAMIFIEES

⁷⁵ J Nutr. 2008 Mar;138(3):455-61. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid antagonizes ligand-dependent PPARgamma activity in primary cultures of human adipocytes. Kennedy A1, Chung S, LaPoint K, Fabiyi O, McIntosh MK.

⁷⁶ Ostrowska E, Muralitharan M, Cross RF, Bauman DE, Dunshea FR. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. J Nutr. 1999;129:2037-2042.

⁷⁷ Dietary Conjugated Linoleic Acid Differentially Alters Fatty Acid Composition and Increases Conjugated Linoleic Acid Content in Porcine Adipose Tissue E Ostrowska et al. Br J Nutr 90 (5), 915-928. 11 2003.

⁷⁸ 1997 Aug;32(8):853-8. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. Park Y1, Albright KJ, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW.

Origines

Au sein de ces Acides Aminés Essentiels (AAE) on va séparer des autres les acides aminés ramifiés ou Branched Chain Amino Acids (BCAA) qui sont constitués de la leucine, Isoleucine et la Valine.

On va retrouver les Acides aminés ramifiés dans les viandes rouges, les produits laitiers et les œufs. On va retrouver les BCAA 2 : 1 : 1 c'est-à-dire que dans la préparation il y aura 2 parts de L-leucine pour 1 part de L-valine et L-isoleucine (*par exemple : L-leucine 300mg, L-isoleucine 150mg, L-valine 150mg* dans les BCAA 2 : 1 : 1 de chez Myprotéin®).

Pour les BCAA 4 : 1 : 1 il y aura : 4 parts de L-leucine pour 1 part de L-valine et L-isoleucine (*par exemple : L-leucine 600mg, L-isoleucine 150mg, L-valine 150mg* dans les BCAA 4 : 1 : 1 de chez MyProtein®).

Mécanismes d'action

Les mécanismes d'action des BCAA sont ceux des acides aminés qui les composent (*cf. 1.1.2.3.1*).

Effets supposés

Ils seraient dus aux effets des acides aminés qui les composent (*cf. 1.1.2.3.1*). Les BCAA sont des acides aminés qui seront oxydés au niveau du muscle squelettique lors de l'effort (le catabolisme). Le ratio naturel d'oxydation dans l'organisme est normalement 2 : 1 : 1 (*c'est-à-dire 2 molécules de leucine pour 1 molécule de valine et 1 molécule d'isoleucine*).

C'est pourquoi venir rajouter un supplément en BCAA avant et après les séances de sports permettrait de diminuer les dommages musculaires lors de l'effort.

Utilisations dans le sport

Elles permettraient de limiter la survenue des courbatures, d'améliorer la récupération et d'augmenter la prise de masse musculaire.

Posologie

D'après les fabricants, lorsque le sportif souhaite sécher son corps, c'est-à-dire perdre de la masse grasse, on pourra utiliser une dose de 3 à 5 grammes par jour. Pour la prise de masse ou l'augmentation de la force, on pourra aller jusqu'à 10 grammes par jour.

Dans l'idée, si les BCAA 4 : 1 : 1 apportent une dose plus importante en Leucine pour la réparation du muscle et compense les BCAA qui ont pu être perdus lors de l'effort, il faut savoir que la leucine est relativement répandue dans l'alimentation donc clairement mis à part en cas de carence les BCAA 2 : 1 : 1 devraient suffire.

Ce que disent les études

À ce jour, les autorités de santé ne se sont pas encore prononcées quant aux allégations portées à l'encontre des BCAA. Cependant, des études vont dans le sens d'un intérêt de l'utilisation des BCAA pour favoriser la cicatrisation musculaire⁷⁹.

⁷⁹ J Nutr. 2004 Jun;134(6 Suppl):1583S-1587S.Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. Shimomura Y1, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA.

Une étude a démontré que la supplémentation en acides aminés à chaîne ramifiée améliore la capacité d'exercice et l'oxydation des lipides pendant l'exercice d'endurance après l'appauvrissement du glycogène musculaire⁸⁰. Cependant, cette étude reste très critiquable quant au nombre de sportifs suivi, donc peu concluante. Il est encore difficile de pouvoir conclure formellement sur le réel intérêt de l'utilisation de compléments alimentaires contenant des BCAA.

En milieu hospitalier, ils sont utilisés par voie intraveineuse chez les grands brûlés et les blessés, car ils favorisent la cicatrisation.

1.6.5. LA CARNITINE

Origines

Au niveau de l'organisme, elle va être synthétisée au niveau du rein et du foie à partir de la lysine et la méthionine sous l'action de la vitamine C.

On va la trouver également dans l'alimentation. Pour 100g on aura :

Steak de bœuf : 95 mg
Porc : 27,7 mg
Morue : 5,6 mg
Blanc de poulet : 3,9 mg

Mécanismes d'action

Comme on peut le voir en 1.1.1.4.2, la carnitine va servir au transport des acides gras vers la matrice mitochondriale dans le but de pouvoir les utiliser dans le cycle de Krebs et donc d'être brûlés.

Effets supposés

Elle permettrait de pouvoir mobiliser davantage les acides gras de l'organisme en favorisant leur déstockage.

Elle permettrait d'améliorer les performances en endurance en permettant d'utiliser plus rapidement les acides gras plutôt que le glycogène musculaire.

Utilisation dans le sport

Ce produit est davantage destiné au sportif voulant « sécher », c'est-à-dire perdre du gras et au sportif pratiquant le sport d'endurance voulant améliorer ses performances.

Posologie

Au niveau de la posologie les fabricants conseillent d'utiliser la carnitine à hauteur de :

- L-Carnitine : 500 - 2000 mg/jour
- Acétyl-L-Carnitine (ALCAR) : 600 - 2400 mg/jour
- L-Carnitine-L-Tartrate (LCLT) : 1000 - 4000 mg/jour
- Glycine Propionyl-L-Carnitine (PLC, GPLC) : 1000 - 4000 mg/jour

⁸⁰ J Sports Med Phys Fitness. 2011 Mar;51(1):82-8. Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle glycogen depletion. Gualano AB1, Bozza T, Lopes De Campos P, Roschel H, Dos Santos Costa A, Luiz Marquezi M, Benatti F, Herbert Lancha Junior A.

Ces différences de posologies s'expliquent par la forme chimique de la carnitine qui sera plus ou moins bien absorbé dans l'organisme.

Positions des autorités

Dans une étude⁸¹ publiée en 2011, il a été démontré qu'il fallait attendre au moins 6 mois de supplémentation en carnitine pour que l'on puisse observer une augmentation des performances sportives (+11% en moyenne). Cependant, cette étude n'a impliqué que 14 volontaires qui étaient, de plus, des personnes en bonne santé qui pratiquaient de façon régulière du sport (course, cyclisme ou natation) 3 à 5 fois par semaine.

Même si les résultats peuvent paraître positifs, il n'est pas possible de conclure de manière catégorique sur l'intérêt et l'efficacité de la créatine sur l'amélioration des performances et sur la perte de poids, et ce, même sur 6 mois de traitement chez toutes les personnes.

C'est pourquoi, en 2012, après avoir pris en compte de nombreuses autres études, l'EFSA a interdit aux fabricants de compléments alimentaires de dire que la créatine permettait de :

- augmenter les performances physiques d'endurance et de résistance en favorisant l'utilisation des graisses par les cellules musculaires, ou améliorer la récupération musculaire après un effort ;
- réduire les changements de métabolisme liés à l'âge ou rendre le métabolisme énergétique des cellules plus efficace ;
- diminuer ou réguler les taux sanguins de cholestérol LDL ;
- aider à la perte de poids au cours d'un régime.

Du fait que la carnitine ne possède pas d'effet réellement démontré, l'AMA n'a pas considéré comme judicieux d'interdire ce produit ou même de l'inscrire, comme la caféine, sur la liste des produits à surveiller.

1.6.6. LA L-ARGININE

Origines

L'arginine est considérée comme un acide aminé semi-essentiel puisque, la plupart du temps, l'organisme la synthétise lui-même en quantité suffisante pour subvenir aux besoins. Cependant, il peut arriver qu'il faille un apport exogène afin de pouvoir pallier une carence.

Au niveau de l'alimentation on va pouvoir retrouver cette arginine dans de nombreux aliments tels que :

- fruits de mer ;
- Les viandes : bœuf, porc, dinde, poulet ;
- Les œufs ;
- Légumineuses : lentilles, haricots... ;
- Chocolat ;
- Légumes : épinards, ciboulette, soja, oignons, poireaux....
- Céréales : sarrasin, riz brun, avoine....

Mécanismes d'action

⁸¹ Wall, B., Stephens, F., Constantin-Teodosiu, D., Marmuthu, K., Macdonald, I., Greenhaff, P. Chronic Oral Ingestion of L-carnitine and Carbohydrate Increases Muscle carnitine Content and Alters Muscle Fuel Metabolism During Exercise in Humans. The Journal of Physiology. 2011. 589, 963-973

Au niveau physiologique, l'arginine, acide aminé semi-essentiel, est synthétisée à partir du glutamate et de la citrulline.

L'arginine va être impliquée dans :

- La synthèse de l'urée : rôle dans la modulation de l'uréogénèse ;
- La synthèse du monoxyde d'azote (NO) : elle va servir de substrat à la NO synthétase qui va alors permettre la formation de monoxyde d'azote qui aura comme fonction :
 - Vasodilatateur du muscle lisse des vaisseaux sanguins ;
 - Microbicide ;
 - Neurotransmetteur entre les cellules nerveuses ;
 - Relaxant musculaire pour les muscles du système digestif.
- La synthèse de la créatine : la L-arginine associée à la glycine sous l'action de l'arginine amidinotransférase ;
- La synthèse de l'agmatine *via* l'arginine décarboxylase.

Effets supposés

L'arginine, ingérée *via* les compléments alimentaires, permettrait de provoquer une vasodilatation des vaisseaux par la production de monoxyde d'azote, de favoriser l'apport en nutriments dans les muscles ce qui induirait alors un développement musculaire plus important et une meilleure résistance à l'endurance. En jouant sur la synthèse de la créatine, l'arginine permettrait également de pouvoir avoir les effets de cette dernière. En permettant la synthèse d'urée, elle permettrait enfin de pouvoir augmenter l'élimination de l'ammoniac produit par l'utilisation des protéines et donc de favoriser la récupération.

Le souci principal de l'arginine est qu'elle est absorbée par l'intestin. Or elle va être dégradée en très grande partie par le foie dans le cadre de l'uréogénèse avant même de pouvoir passer dans les intestins. Du coup, la quantité disponible après ingestion est faible.

Il sera davantage conseillé d'utiliser de la citrulline, précurseur de l'arginine.

Utilisations dans le sport

L'arginine pourra être conseillée au sportif qui souhaite développer sa masse musculaire tout en déstockant des acides gras.

Elle sera aussi conseillée au sportif voulant augmenter sa résistance à l'effort.

Posologie

Au niveau posologique, celle-ci sera donnée à la dose maximale de 3 à 6 grammes d'arginine par jour à prendre en trois prises, sous la forme de gélule, de solution ou de poudre.

Positions des autorités :

D'après les études évaluées par l'EFSA ^{82,83}, l'arginine ne peut pas prétendre :

- réguler le stress et la sécrétion de cortisol (hormone du stress) ;

⁸² J Nutr. 2011 Feb;141(2):195-200. doi: 10.3945/jn.110.130138. Epub 2010 Dec 29. Bolus arginine supplementation affects neither muscle blood flow nor muscle protein synthesis in young men at rest or after resistance exercise. Tang JE1, Lysecki PJ, Manolagos JJ, MacDonald MJ, Tarnopolsky MA, Phillips SM.

⁸³ Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2007 Jan;10(1):46-51. Effects of L-arginine supplementation on exercise metabolism. McConell GK.

- contribuer à la santé des vaisseaux sanguins, à la prévention de l'hypertension artérielle, ou à la formation des globules rouges ;
- favoriser l'immunité ou la cicatrisation ;
- promouvoir la croissance, le maintien ou les performances des muscles ;
- contribuer à maintenir une clairance urinaire normale pour l'ammoniaque.

1.6.7. LA L-CITRULLINE

Origines

La citrulline est un acide aminé non protéinogène qui va être une intermédiaire dans le cycle de l'urée.

Au niveau exogène, on peut la trouver dans :

- Le melon d'eau ;
- L'oignon ;
- L'ail ;
- Les pois chiches ;
- Le soja ;
- La viande rouge ;
- Le saumon ;
- Les fruits séchés.

Mécanismes d'action

La citrulline va agir dans le cycle de l'urée comme intermédiaire.*

Au niveau physiologique, la citrulline est une protéine dite circulante qui va impliquer 3 enzymes :

- L'ornithine carbamoyl transferase (OTC) qui permet sa synthèse,
- L'arginosuccinate synthétase (ASS) en arginosuccinate qui donnera l'arginine,
- La NO synthétase qui va produire du monoxyde d'azote et de la L-citrulline à partir de l'arginine.

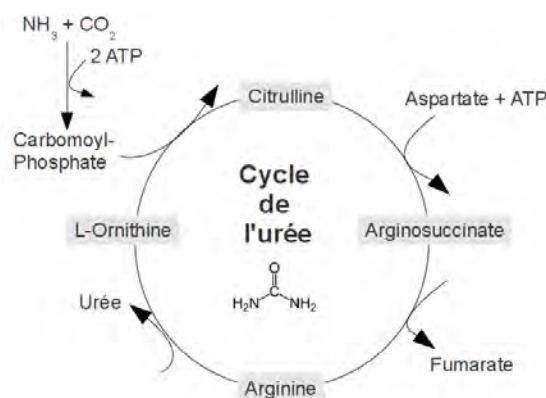


Figure 22 : La citrulline⁸⁴

⁸⁴ Figure 21 : https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27ur%C3%A9e

Effets supposés

La citrulline va avoir les mêmes effets que l'arginine.

L'avantage de la citrulline par rapport à l'arginine est que cette dernière va être massivement détruite et dégradée dans le foie par le biais de l'uréogenèse. Ce qui va rendre alors la quantité d'arginine disponible pour d'autres fonctions très faibles.

On va donc préférer davantage la citrulline qui sera beaucoup moins sujette à cette perte et qui permettra alors la synthèse de plus d'arginine et donc de rendre plus de molécules d'arginines actives.

Posologie

Les fabricants conseillent de pouvoir utiliser 3 grammes de citrulline par jour.

Positions des autorités

Il n'existe actuellement aucune position réelle des autorités de santé. Cependant, le fait que la citrulline soit un précurseur de la L-arginine, peut nous faire penser que les conséquences de l'ingestion de citrulline peuvent être similaires à celles de la L-arginine.

1.6.8. LA TAURINE

Origines

C'est un acide aminé soufré qui a été découvert en 1827 dans la bile du taureau (ce qui explique son nom). Elle est naturellement présente dans l'organisme notamment dans le cerveau, la rétine et le myocarde. Elle pénètre l'intérieur des cellules par co-transport avec le sodium qui va, avec la $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$, sortir de la cellule.

Elle est synthétisée à partir de la méthionine et de la cystéine en présence de vitamine B6.

On observera une augmentation de sa concentration plasmatique lors d'un infarctus du myocarde.

Rôles physiologiques

La taurine va avoir plusieurs rôles physiologiques.

- Elle est un stabilisant membranaire par son action sur le maintien, la polarisation et la perméabilité de la structure en favorisant la pénétration des ions Cl^- .
- Elle va aider l'organisme à produire du glutathion.
- Elle va être impliquée dans le mécanisme de la digestion (comme composé des acides biliaires).
- Elle a également été identifiée comme étant un neurotransmetteur au niveau des fonctions musculaires et cardiaques par effet sur le renforcement de la contraction cardiaque.

Effets supposés

D'après les fabricants et les sites internet dédiés au sport, la prise de taurine pourrait :

- Améliorer la fonction de détoxification du foie.
- Renforcer le muscle cardiaque, par conséquent la stabilisation de la fonction du cœur. Le renforcement de ce muscle provoquerait alors une augmentation du flux sanguin vers les muscles associée à une augmentation de la production d'oxyde nitrique. Ce qui permettrait, *in fine*, de provoquer un développement musculaire.

- Diminuer l'accumulation d'acide lactique.

Utilisations pour le sportif

Elle peut être donnée au sportif après un entraînement afin de pouvoir éviter l'apparition des crampes, aider à la récupération musculaire, améliorer l'absorption des nutriments et l'élimination des déchets, et diminuer la fatigue.

Posologie

La posologie couramment donnée sera 500 mg par jour en une seule prise

Positions des autorités

En l'absence d'études cliniques suffisamment fiables, les autorités européennes ont décidé d'interdire les allégations qui donnent à la taurine les pouvoirs de :

- aider à retarder l'apparition de la fatigue ou à maintenir/augmenter les performances physiques ;
- améliorer les capacités physiques et mentales en cas de stress ;
- aider à protéger les cellules du stress oxydatif ;
- favoriser la transformation des aliments en énergie ;
- soutenir le système immunitaire ;
- favoriser la croissance et la santé des enfants (dans le cadre d'un mélange vitaminique) ;
- protéger les cellules des toxines (rétine, cœur, foie, vaisseaux sanguins) ;
- aider le cœur et les muscles à se relaxer.

Ces revendications d'effet sont désormais interdites pour les compléments alimentaires à base de taurine.

En l'absence d'efficacité réellement démontrée dans le cadre sportif, l'AMA n'a pas pris position concernant l'interdiction de cette molécule dans le cadre sportif. Elle ne l'a pas non plus inscrite sur la liste des substances à surveiller.

1.6.9. LA WHEY ET AUTRES COMPLEMENTS PROTEIQUES

En règle générale, les protéines seront utilisées chez le sportif voulant développer de la masse musculaire. Il sera donc conseillé à celui-ci de pouvoir prendre ces protéines environ 30 minutes après son entraînement dans ce qu'on appelle la fenêtre anabolique qui est le moment où les cellules musculaires seront les plus aptes à recevoir des protéines pour se reconstruire.

On va distinguer trois types de protéines :

1.6.9.1. Les protéines à assimilation rapide : Protéine de Lactosérum ou Whey protein

On la trouve sous différentes formes :

- Concentrée – Whey Protein Concentrate (WPC) : Elle sera composée de graisses et de cholestérols (même si celui-ci reste assez bas en terme de quantité, il reste encore relativement élevé). Elle contient environ 70% de protéines en masse.

- Isolats de protéines sériques – Whey Protein Isolate (WPI) : Elle sera dénuée de la graisse et du lactose et aura moins de composés bioactifs. Elle sera composée alors de plus de 90% de protéines.
- Hydrolysats – Whey Protein Hydrolysats (WPH) : les protéines de lactosérum seront majoritairement hydrolysées ce qui rendra leur assimilation plus rapide.
- Lactosérum frais.

L'intérêt de la Whey selon les fabricants est qu'elle :

- Est riche en BCAA ;
- Favorise l'anabolisme musculaire ;
- Possède une valeur biologique élevée ;
- Favorise la production de monoxyde d'azote ;
- Favorise la perte de poids et la prise de masse musculaire.

1.6.9.2. Protéines à assimilation moyenne

Sur le marché français, il va exister 3 types de protéines à assimilation moyenne :

Isolat de bœuf :

- Mauvaise qualité : les protéines seront mal assimilées par l'organisme ;
- Peu anabolique ;
- Obtenue à partir de viscères et de déchets ;
- Avec des ajouts d'autres produits pour améliorer le goût et la texture ;
- Peu intéressante.

Protéines de chanvre :

- Riche en acides aminés essentiels ;
- Riche en nutriments essentiels ;
- Fabrication non chimique ;
- Bonne proportion de fibres ;
- 50% de protéines.

Protéines de soja

- Facilement assimilable ;
- Riche en arginine ;
- Riche en antioxydant ;
- Convient parfaitement aux régimes végétariens.

1.6.9.3. Protéines à assimilation lente

Elles vont permettre d'avoir une action plus longue et d'avoir une action anti-catabolique en permettant d'obtenir un très bon apport en protéines qui vont pouvoir être assimilées sur une longue période. Cela va avoir pour conséquence pour l'organisme d'éviter de dégrader les protéines musculaires.

Caséine micellaire ou isolat de caséine :

Il faut savoir que le lait est composé de 80% de caséine et de 20% de protéines de lactosérum.

Caséinate de calcium/magnésium :

Ces protéines ne sont que très peu utilisées, car la qualité de celle-ci est très faible ce qui la rend très peu anabolique et peut intéressante pour le sportif. Leur seul intérêt est qu'elle ne coûte que très peu cher à produire et permet une bonne marge au fabricant et au revendeur.

Protéine de blanc d'œuf :

L'intérêt majeur de cette protéine est qu'elle ne dispose d'aucune trace de lactose, ce qui la rend alors extrêmement digeste. De plus, la valeur biologique de cette protéine est bonne et son aminogramme (c'est la composition en acides aminés d'une protéine qui permet alors de juger de la qualité nutritionnelle de celle-ci) est proche de l'homme.

En règle générale, les compléments alimentaires sont à utiliser lorsqu'il y a une légère carence, or il a été démontré qu'il n'existait aucune carence en apport protéique chez le sportif sauf dans le cas de pathologies et troubles réels et avérés de l'alimentation.

Depuis quelques années, le nombre de gens pratiquant un régime végétarien et végétalien (Vegan) a considérablement augmenté.

Cette population a souvent du mal à équilibrer son alimentation et à apporter, en quantité suffisante, certains nutriments, notamment les protéines (bien souvent par manque de connaissance en nutrition).

En effet, les aliments d'origine végétale sont souvent moins riches en protéine que les produits d'origine animale.

C'est ici que les compléments alimentaires vont avoir un potentiel intérêt. Ils vont permettre de pouvoir apporter un complément aux déficiences d'apport induites par l'alimentation.

À partir de ces données et de l'interrogatoire, il sera donc primordial de conseiller au sportif qui souhaite se supplémenter en protéine de pouvoir, avant tout, déterminer sa consommation en protéine afin de pouvoir, s'il n'atteint pas la quantité suffisante de protéine journalière, qu'il puisse, s'il le souhaite, se supplémenter en protéines.

Il faudra faire attention si la personne est végétarien ou végétalienne, car bien souvent leurs apports protéiques journaliers ne sont pas suffisants (pour ces patients-là, on conseillera la Whey végétale afin de respecter leurs convictions).

1.6.10. LES PLANTES

Elles sont souvent assimilées et associées aux molécules précédemment citées, car elles procèdent des vertus ancestrales. Elles vont permettre d'optimiser les effets.

1.6.10.1. Le ginseng

Le ginseng ou *Panax ginseng* est une plante provenant de Chine, de Corée et du Canada.

Son utilisation vient du fait qu'elle est reconnue pour ses propriétés sur :

- La fatigue physique⁸⁵ ;
- La fatigue intellectuelle⁷⁵ ;
- La stimulation des défenses immunitaires⁸⁶.

L'OMS (Organisation mondiale de la santé)⁸⁷ reconnaît comme « cliniquement établi » que le ginseng permet d'avoir les effets pour lesquels il est connu, et ce, avec des doses quotidiennes de 0,5 à 2 g de racines.

En phytothérapie le ginseng est normalisé à hauteur de 7% de ginsénosides ce qui donnera alors une posologie allant de 200 à 600 mg de ginseng à prendre en 3 prises par jour.

1.6.10.2. Le thé vert

Le thé, notamment le thé vert, contient des molécules actives :

La caféine (cf. 1.5.1).

Les catéchines : Elles ont comme propriétés d'être antioxydantes et peuvent protéger les cellules face à un stress oxydatif.

Au niveau des compléments alimentaires pour le sport, le thé vert sera principalement utilisé pour son action sur les acides gras, notamment utilisé pour faire perdre du poids. En effet en 2010 une étude⁸⁸ a démontré que le thé vert avec les catéchines et la caféine pourrait provoquer un effet amaigrissant et aider au contrôle du poids.

D'autres études ont démontré que le thé vert permettrait également d'augmenter la dépense énergétique et la stimulation de la dégradation des acides gras stockés.^{89,90,91,92} Il faudrait pour cela associer 580-710 mg de catéchine à 40-110 mg de caféine afin de pouvoir diminuer l'indice de masse corporelle (IMC).

⁸⁵ D'Angelo L et al. Double-blind, placebo-controlled clinical study on the effect of a standardized ginseng extract on psychomotor performance in healthy volunteers. *Journal of ethnopharmacology*, 1986, 16:15-22.

⁸⁶ Scaglione F et al. Immunomodulatory effects of two extracts of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Drugs, experimental and clinical research*, 1990, 26:537-542.

⁸⁷ <http://apps.who.int/medicinedocs/fr/d/Js2200e/19.html>

⁸⁸ Phung OJ, Baker WL, et al. Effect of green tea catechins with or without caffeine on anthropometric measures: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2010 Jan;91(1):73-81. Epub 2009 Nov.

⁸⁹ Nagao T, Hase T, Tokimitsu I. A green tea extract high in catechins reduces body fat and cardiovascular risks in humans. *Obesity (Silver Spring)*. 2007 Jun;15(6):1473-83.

⁹⁰ Dulloo AG, Duret C, et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. *Am J Clin Nutr*. 1999 Dec;70(6):1040-5.

⁹¹ Westerterp-Plantenga MS, Lejeune MP, Kovacs EM. Body weight loss and weight maintenance in relation to habitual caffeine intake and green tea supplementation. *Obes Res*. 2005 Jul;13(7):1195-204.

⁹² Auvichayapat P, Prapochanung M, et al. Effectiveness of green tea on weight reduction in obese Thais: A randomized, controlled trial. *Physiol Behav*. 2008 Feb 27;93(3):486-91. Epub 2007 Oct 18.

1.6.10.3. Le guarana

Le guarana ou *Paullinia cupana* est une plante que l'on trouve initialement dans la forêt amazonienne.

Cette plante doit ses propriétés à la présence de guaranine qui est une molécule très proche de la caféine qui aurait des propriétés bien plus puissantes que cette dernière.

En 2012, les autorités se sont prononcées concernant les allégations sur le guarana et estimées que les produits à base de guarana ne peuvent prétendre à :

- aider à perdre du poids ou maintenir un poids optimal, en augmentant le métabolisme de base (pour brûler des calories) ou en favorisant l'utilisation de la graisse par le corps ;
- augmenter les performances physiques (immédiates ou d'endurance), ou retarder la fatigue lors de l'effort ;
- maintenir dans les normes le taux de glucose (sucre) dans le sang ;
- aider à augmenter la vigilance (pour une prise par portion comprise entre 40 et 75 mg de caféine).

1.7. CONCLUSION

Avant de conseiller quelques compléments alimentaires que ce soit, il faudra bien orienter le sportif sur l'importance d'avoir une hygiène alimentaire équilibrée.

Il devra, autant que faire se peut, éviter les aliments transformés industriellement tout en favorisant les aliments issus de l'agriculture biologique qui contiennent moins de produits toxiques.

Au niveau des **apports glucidiques**, il faudra favoriser les aliments contenant des sucres complexes et se baser sur la charge glycémique des aliments afin d'adapter l'utilisation des aliments au moment de la journée et au besoin.

En temps normal, on favorisera les aliments à charge glycémique bas, mais avant un effort ou pendant un long effort on pourra prendre des aliments à charge glycémique plus importante afin d'apporter rapidement des glucides à l'organisme.

Au niveau des **lipides**, il faudra éviter au maximum les aliments contenant des acides gras trans, et favoriser les acides gras saturés (notamment par l'utilisation d'huile de coco, de noix ou d'huile d'olive). On essaiera également d'augmenter l'apport en oméga-3 (par le fait de manger davantage de poissons) afin de rééquilibrer le rapport oméga-6/oméga-3.

En ce qui concerne les **apports protéiques**, on adaptera ses apports en fonction de son activité physique (voir tableau XI).

Cette alimentation ne pourra être équilibrée sans prendre en compte les micronutriments qu'on essaiera d'apporter également avec une bonne hydratation et un bon choix d'eau, et en mangeant des aliments riches en micronutriments comme le poisson.

Pour s'aider au niveau des apports on pourra conseiller au sportif d'utiliser la table CIQUAL de l'ANSES facilement disponible sur internet qui lui permettra de pouvoir voir la composition exacte des aliments qu'il consomme.

Du point de vue pratique, afin d'éviter tous les pièges de l'alimentation, organiser son planning alimentaire de la semaine peut être une solution permettant de mieux structurer son alimentation. De même, afin d'éviter les achats compulsifs en faisant les courses, l'idéal est de réaliser celles-ci après un repas.

Ensuite, on abordera l'importance de l'**hydratation** avant, pendant et après la course. On optera pour une eau minéralisée alcaline que le sportif pourra boire à volonté. Durant l'effort, il sera conseillé de rajouter à celle-ci du sel et du sucre (à varier en fonction de la durée de l'effort) afin de pouvoir avoir une hydratation optimale. Avant sa séance, le sportif pourra se fier à la couleur de ses urines pour évaluer son état d'hydratation. En fonction de l'effort, le sportif pourra utiliser des solutions déjà préparées et contenant les micronutriments nécessaires que sont les boissons énergétiques.

Après études des compléments alimentaires présents sur le marché, il n'existe que peu ou pas de preuve de leurs réelles efficacités en ce qui concerne la perte de poids, l'augmentation des performances physique...

Aussi, à la suite de ce travail, je pense qu'il n'est pas nécessaire de les conseiller dans le cadre de la prise en charge du sportif. Si malgré cela, celui-ci n'arrive pas à subvenir à ses besoins ou il souhaite compléter son alimentation, on ne sélectionnera que les compléments alimentaires qui possèdent la norme AFNOR NF-V94-001 (voir partie 3) qui permet de démontrer que le complément alimentaire est exempt de produits dopants. Il faut également garder à l'esprit que le fait de prendre un complément alimentaire pour une personne peut avoir un aspect psychologique important qui lui permettra alors de garder toute sa motivation et de rentrer dans un processus d'habitude qui ne peut qu'être bénéfique pour elle.

Enfin, il y aura toujours une part individuelle au niveau de la réaction et de ressenti. Il sera donc toujours possible pour le sportif de compléter son alimentation avec des compléments alimentaires de manière éclairée et suivie par un professionnel de santé.

PARTIE II

LA PRISE EN CHARGE DE LA BLESSURE CHEZ LE SPORTIF

Qui dit sport, dit augmentation du risque de blessure. De nombreux sportifs vont, au cours de leur carrière, se blesser. Les blessures peuvent avoir différentes causes : fatigues, manque de préparation, matériel non adapté...

Dans cette seconde partie on va s'attarder sur la prise en charge officinale des blessures qu'elles soient musculaires, tendino-ligamentaires ou osseuses.

Ce qui va nous intéresser c'est d'évoquer l'ensemble des outils disponibles à l'officine pour traiter au mieux ces pathologies, c'est-à-dire les traitements issus de l'allopathie, de la phytothérapie, l'aromathérapie et de l'homéopathie. Nous verrons aussi quels sont les conseils que nous pouvons apporter en tant que pharmacien. Enfin en conclusion nous verrons quelles sont les solutions préventives que nous pouvons apporter.

2.1. LES DIFFÉRENTS TYPES DE BLESSURES

Que ce soit à l'officine ou chez le médecin, avant toute chose, afin de prendre en charge de façon optimale le patient, il est primordial de pouvoir définir la nature de la blessure.

Nous pouvons classer celles-ci en 4 grandes familles :

- Musculaires
- Ligamentaires
- Articulaires
- Osseuses.

2.1.1. LES BLESSURES D'ORIGINES MUSCULAIRES

Les blessures musculaires peuvent être bénignes ou malignes puisqu'on peut aller de la simple crampe musculaire jusqu'à la déchirure qui impose alors un traitement plus lourd et médical. L'intérêt majeur de la bonne prise en charge de ces blessures est qu'elle va permettre une bonne cicatrisation qui empêchera alors que la blessure ne devienne chronique et évitera alors tout risque de récurrence.

2.1.1.1. Crampe musculaire

2.1.1.1.1. Origines

Une crampe est une contraction brusque, involontaire et douloureuse du muscle. Les muscles les plus souvent atteints sont ceux des membres inférieurs, mais potentiellement tous les membres et les muscles peuvent être atteints. Elles peuvent durer de quelques secondes jusqu'à quelques minutes.

La raison de survenue des crampes n'a jamais réellement été démontrée cependant plusieurs théories ont été avancées.

- Les causes électrolytiques :

Certains spécialistes, dont Eichner, en 2007⁹³, ont avancé la possibilité que les crampes puissent provenir d'une déplétion en magnésium, sodium, calcium voire même

⁹³ American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 2007 Feb;39(2):377-90

potassium. Cependant, d'autres recherches plus importantes en nombres affirment qu'il n'y a aucun lien direct entre les déplétions en sels et les crampes⁹⁴.

Plus concrètement, il n'y a pas de réel consensus affirmant que cette cause puisse être responsable de la survenue des crampes.

- Le dysfonctionnement neuromusculaire :

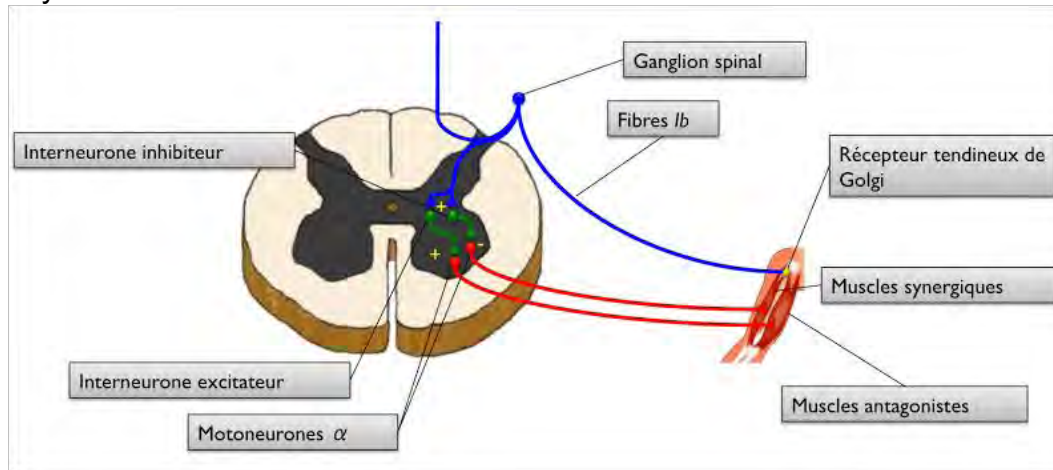


Figure 23 Motoneurone Alpha dans la contraction⁹⁵

D'autres théories feraient intervenir le motoneurone alpha. En effet, la localisation spécifique de la crampe n'est pas en faveur d'une cause générale.

Les faisceaux musculaires sont innervés par le motoneurone alpha et les organes de Golgi. Le motoneurone Alpha a un effet excitateur sur la contraction et sera contrôlé au niveau spinal. Les organes de Golgi ont un effet inhibiteur sur la contraction. La fatigue musculaire se traduirait alors par une augmentation de l'excitabilité des fuseaux musculaires et une diminution de l'effet inhibiteur des organes de Golgi ce qui provoquerait alors la crampe. Cela se déroulerait lorsque le muscle est en position raccourcie (contracté). Le tendon n'est alors plus sous tension, les organes de Golgi sont alors rendus inactifs.

Certains facteurs vont avoir un impact sur la survenue de ces crampes :

- La déshydratation
- Les erreurs diététiques
- Le manque d'entraînement
- Un défaut d'échauffement
- Utilisation d'une mauvaise technique (geste, matériels...).

2.1.1.1.2. Signes cliniques et diagnostic

Les crampes vont apparaître de façon brutale et soudaine. Elles seront localisées au niveau d'un des muscles soumis à l'effort. On observera au niveau du muscle concerné une contraction de ce dernier visible et palpable.

La durée de la crampe peut aller de quelques secondes à plus de quinze minutes et entraîne alors l'impossibilité de continuer l'activité.

⁹⁴ Schwellnus et al, 2004- Maughan, 1986 et Sulzer et al, 2005 – Drew 2006)

⁹⁵

https://sites.google.com/site/aphysionado/_/rsrc/1325894576209/home/fonctionssn/systmoteur/reflex/Myotatic%20inverse.png?height=354&width=800

2.1.1.1.3. Traitements - Conseils à l'officine

Dans un premier temps, on va conseiller au sportif qu'il étire très rapidement le muscle en question afin de pouvoir remettre le tendon sous tension et ainsi provoquer l'activation des organes de Golgi et ainsi inhiber la contraction musculaire.

La cause impliquant un trouble hydroélectrique n'étant pas écartée, on va conseiller au sportif de bien s'hydrater afin d'éviter une déplétion en minéraux lors de la transpiration. L'utilisation de solution de réhydratation comme vue précédemment peut-être une bonne solution (cf. 1.3.4). Il est important de conseiller au sportif de boire de l'eau avant, pendant et après son effort.

De même, un bon échauffement du corps et notamment des muscles qui seront sollicités durant l'effort accompagné d'une séance d'étirements permettra significativement de diminuer la récurrence de ces crampes.

Allopathie

Au niveau allopathique, il n'existe pas de réel traitement pour soigner une crampe. L'étiologie de la crampe n'étant pas vraiment démontrée, on va pouvoir néanmoins conseiller au patient de faire une cure de magnésium à hauteur de 400 mg par jour répartis en 3 prises à prendre durant le repas.

Phytothérapie

On va conseiller au patient de prendre de la passiflore qui, au-delà du fait qu'elle peut être donnée dans le cadre de l'abaissement du stress et de l'amélioration du sommeil, a des propriétés antispasmodiques permettant de réduire la contraction musculaire.

Au niveau posologique, on prendra l'exemple de la passiflore de chez Arkogélule® dosée à 300 mg par gélules. On conseillera une posologie de l'ordre de 2 gélules le soir, à prendre au moment du repas.

Aromathérapie

On pourra conseiller en voie externe une combinaison d'huiles essentielles qui permettra de décontracter le muscle :

L'Huile essentielle de Marjolaine (*Origanum majorana*) qui possède une action :

- antalgique percutané ;
- anti-inflammatoire ;
- parasympathicotonique puissante (sédatrice, calmante puissante du système nerveux central) ;
- Antispasmodique.

L'Huile essentielle de Gaulthérie couchée (*Gaultheria procumbens*) qui possède des propriétés :

- antalgiques ;
- anti-inflammatoire ;
- antispasmodique ;
- antirhumatismal.

L'huile essentielle de Lavandin super (*Lavandula burnatii super*) qui possède des propriétés :

- anti-inflammatoires ;
- décontracturantes.

L'huile essentielle de Romarin à camphre (*Rosmarinus officinalis camphora*) qui est connu pour son action :

- anti-inflammatoire,
- décontracturante musculaire ;
- décongestionnante veineux.

L'huile essentielle d'Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) qui sera utilisée pour sa vertu antispasmodique.

L'huile essentielle d'Estragon (*Artemisia dracunculus*) qui est également antispasmodique.

On utilisera ses huiles essentielles seules ou en association diluées dans une huile végétale et on appliquera sur la zone douloureuse.

Par exemple, on peut proposer au patient le mélange suivant :

Gaulthérie : 3ml ;

Lavandin super : 2ml ;

Romarin : 2ml ;

Ylang-Ylang : 2ml ;

Estragon : 1ml ;

Huile végétale : quantité suffisante pour 30ml.

On devra conseiller le patient d'utiliser 5 à 6 gouttes localement 3 à 4 fois par jour selon les besoins.

Bien évidemment, chacune de ces huiles peut être utilisée seule, mais le mélange permet d'optimiser l'efficacité.

Homéopathie

Pour que l'homéopathie puisse trouver son action, il faudra prendre les produits à distance des repas (10 minutes suffiront) et éviter la prise de menthe (dentifrice) et de café dans ce délai.

Afin de traiter la crampe, plusieurs souches homéopathiques pourront être utilisées :

Arnica montana 9CH afin de permettre de diminuer le traumatisme à la posologie de 3 granules 2 fois par jour.

China regia 9CH : 3 granules 2 fois par jour pour éviter la fatigue liée à une déshydratation.

Sarcolaticum acidum 4 ou 5CH : 3 granules 2 fois par jour pour éviter la fatigue musculaire,

Cuprum Metallicum 4 ou 5CH : utilisé notamment pour les crampes des mollets et des pieds. En cas de crampe musculaire prendre directement une dose puis en relais avec 5 granules toutes les 10 minutes durant 1 heure puis 5 granules trois fois par jour pendant une semaine.

Strychninum 4 ou 5CH : utiliser en cas d'hypertonie généralisée et persistante du muscle à hauteur de 5 granules 3 fois par jour.

Afin de réduire le risque de crampe durant une épreuve, il est possible de prendre ces trois produits durant les trois jours précédents l'épreuve et de les continuer deux jours après.

Il existe sur le marché de l'homéopathie une spécialité complète contenant *Arnica Montana*, *Sarcolaticum acidum* et *Zincum Oxydatum* : la Sportéinine® du laboratoire Boiron® que le sportif pourra prendre :

- Avant l'effort musculaire : 1 comprimé à croquer la veille ou juste avant l'épreuve ;
- Pendant l'effort musculaire : 1 comprimé à croquer toutes les heures ;
- Après l'effort musculaire : 1 comprimé à croquer, à renouveler toutes les heures.

2.1.1.2. Les Contractures

2.1.1.2.1. Origine et signes cliniques

On pourrait assimiler la contracture musculaire à une crampe. En effet, celle-ci est une contraction involontaire d'un ensemble de fibres musculaires. Elle arrive durant l'effort et se manifeste par une raideur et une douleur qui augmente d'autant que l'activité sportive est maintenue. À la différence des crampes, cette contracture peut durer plusieurs heures.

La contracture est une réponse, de l'organisme et plus particulièrement du muscle, de à se défendre vis-à-vis d'un effort important à la limite du seuil maximal que peut supporter ce muscle. On peut le voir arriver lorsque des efforts intenses sont prolongés au-delà de ce que l'organisme peut supporter.

2.1.1.2.2. Traitements - Conseils à l'officine

La chaleur va avoir une véritable action. En effet, elle provoque une vasodilatation des vaisseaux sanguins ce qui a pour conséquence une amélioration de l'apport d'oxygène et d'éléments nutritifs pour le muscle. Cela permet l'élimination des toxines produites par le muscle et enfin cela permet la décontraction des fibres.

Allopathie

Afin de traiter une contracture musculaire, la prise d'anti-inflammatoire n'est pas forcément recommandée et automatique. On se tournera davantage vers les antalgiques de palier I conseillés comme les spécialités à base de paracétamol à hauteur de 4 g/j répartis en 4 prises.

Si l'effet n'est pas suffisant, il sera possible de rajouter de la codéine à ce paracétamol (400 mg de paracétamol et 20 mg de codéine) et voire même avec la Prontalgine® d'allier Paracétamol avec codéine et caféine (400, 20, 50 mg) à prendre au maximum à hauteur de 6 comprimés par jour en 3 prises.

On pourra également utiliser des décontractants musculaires tels que le Décontractyl® existant sous forme de comprimé à la posologie de 2 comprimés 3 fois par jour (en prenant soin de préciser que ce produit est classé niveau 2 pour la somnolence) et sous forme de gel (3 applications par jour).

La chaleur ayant un effet positif sur la résolution des contractures on va pouvoir utiliser des patchs chauffants tels que les patchs Thermacare®, les emplâtres américains, des poches dites chaud/froid telles que Nexcare®.

Des crèmes et gels chauffants peuvent aussi faire partie de l'arsenal thérapeutique à notre disposition comme la crème Kamol®, le Baume Saint-Bernard®, le Baume Aroma®.

Phytothérapie, Aromathérapie et Homéopathie

On gardera le même traitement que pour les crampes musculaires.

2.1.1.3. Courbatures ou Douleurs musculaires d'Apparition Retardées

2.1.1.3.1. Origines

Les courbatures sont des douleurs musculaires qui sont, la plupart du temps, bénignes et qui surviennent 12 à 24 h après un effort. Elles sont dues à des micro-lésions ou micro-déchirures des fibres musculaires provoquées lors d'une activité d'intensité inhabituelle. Ces microtraumatismes provoquent une fuite du calcium au sein des fibres musculaires causant une réaction inflammatoire.

Il est important de noter que la sensibilité des fibres musculaires par rapport au calcium dépend de la température. Nous verrons par la suite quel intérêt cela aura sur la prise en charge du patient atteint de courbatures.

2.1.1.3.2. Signes cliniques

On peut ressentir des sensations de douleurs ou même de raideurs au niveau des muscles imputés. Lors de la formation de ces micro-lésions, se crée alors une réaction inflammatoire qui est responsable de la douleur.

Ces courbatures, qui peuvent durer jusqu'à 5 jours, sont aussi accompagnées d'autres symptômes qui sont non douloureux et qui peuvent durer jusqu'à 10 jours après l'effort comme :

- Une diminution de la force du muscle pouvant aller jusqu'à 40%.
- Une diminution de l'amplitude articulaire autour des muscles concernés
- Une diminution de la proprioception (gestion de l'espace).

2.1.1.3.3. Traitements - Conseils à l'officine

Les courbatures sont souvent des douleurs qui vont décourager les sportifs débutants ou qui veulent recommencer une activité sportive. Il est donc primordial de pouvoir bien les prendre en charge et notamment d'expliquer que les récurrences seront d'autant plus faibles que l'activité sportive sera maintenue et régulière.

Un groupement international d'experts médicaux, les chercheurs membres de la collaboration Cochrane⁹⁶, a récemment passé au crible toutes les études sur l'utilisation des bains froids pour la prise en charge des courbatures.

La conclusion de ces recherches fut que les bains froids (15° maximum) avec une durée minimum de 15 minutes permettent de gagner du temps sur la durée de disparition des courbatures. Cela s'explique par le fait que la sensibilité des fibres musculaires au calcium va diminuer avec l'abaissement de la température ce qui diminue alors la douleur.

⁹⁶ Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. J.T. Costello et al. (Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group). Cochrane Library, 18 sept. 2015
doi: 10.1002/14651858.CD010789.pub2

Afin de limiter au maximum la survenue des courbatures ou tout du moins de limiter leurs intensités, on conseillera au patient de prendre le temps de s'échauffer de manière à détendre suffisamment les fibres musculaires et à les préparer à l'effort à venir. Il faudra également augmenter progressivement son rythme et son intensité tout en respectant les capacités de son corps. Il en sera de même pour le nombre d'entraînements par semaine.

En fin d'exercice, il faudra prendre le temps de bien étirer les muscles afin de prévenir des accidents musculaires⁹⁷. En effet, les étirements vont permettre d'améliorer la mobilité des fibres musculaires en allongeant progressivement leur amplitude. Ils vont également améliorer l'amplitude articulaire. On va les pratiquer en fin d'entraînement afin de pouvoir étirer les fibres qui auront été contractées par l'effort.

Allopathie

Par voie interne

On va chercher à diminuer la douleur. L'utilisation d'antalgiques de palier I peut être conseillée comme les spécialités à base de paracétamol à hauteur de 4g/j répartis en 4 prises. Si l'effet n'est pas suffisant, il sera possible de rajouter de la codéine à ce paracétamol (400mg de paracétamol et 20mg de codéine) et voire même avec la Prontalgine® d'allier Paracétamol avec codéine et caféine (400, 20, 50mg).

Comme la nature de la courbature est inflammatoire, l'utilisation d'anti-inflammatoire non stéroïdien peut être réalisée. Sans ordonnance nous aurons à notre disposition à l'officine l'ibuprofène qui pourra être conseillé à la posologie de 400 mg 3 fois par jour à prendre pendant les repas pour éviter les irritations de l'estomac. Pour éviter les brûlures, on pourra associer celui-ci à des inhibiteurs de la pompe à proton, disponibles sans ordonnance, tel l'oméprazole à prendre 1 fois par jour 30 minutes avant le repas du soir.

L'ibuprofène sera contre indiqué en cas :

- antécédent d'allergie ou d'asthme provoqué par la prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) ;
- hémorragies digestives suite à la prise d'AINS ;
- insuffisance hépatique, rénale, cardiaque grave ;
- Lupus érythémateux disséminé ;
- grossesses (à partir du 6^{ème} mois)
- ulcère de l'estomac ou du duodénum.

Il faudra une durée de 4 jours minimum afin de pouvoir réduire de façon significative les médiateurs de l'inflammation.

L'aspirine pourra également être proposée à la posologie maximale de 3 grammes répartis en 3 prises. Tout comme l'ibuprofène, il faudra la prendre de préférence pendant les repas. Il faut noter que l'aspirine agit comme anti-agrégant plaquettaire, il faudra donc faire attention que le patient n'ait pas de traitement contre-indiqué.

Par voie externe

Afin de calmer la douleur de la courbature par voie externe nous possédons à l'officine un arsenal de crèmes et gels indiqués pour cette indication.

On aura des crèmes ou des gels anti-inflammatoires :

⁹⁷ Dr G. Pasquer & coll, échauffement du sportif, éditions Amphora, juin 2004

- à base de diclofénac à 1% voire à 2% qu'on pourra utiliser 2 fois par jour. Il faudra préciser au patient qu'il faut éviter les expositions au soleil.
- À base d'ibuprofène à 5% comme l'Ibufétum® à utiliser 3 fois par jour.

Comme nous l'avons vu précédemment plus en détail, dans le cadre des courbatures, le froid peut être indiqué.

Donc l'utilisation de crème provoquant un effet de froid peut avoir un grand intérêt, ainsi l'association d'ibuprofène et de menthol (dans le Cliptol®) peut avoir un effet bénéfique. Le Biofreeze®, crème qui provoque un effet rafraichissant, peut également être conseillé, cependant il ne contient pas d'anti-inflammatoire.

Phytothérapie

De nombreuses plantes pourront être proposées pour leurs actions contre la douleur et l'inflammation. L'avantage de la phytothérapie est que les produits n'ont pas (ou très peu) d'effet secondaire (notamment l'irritation de l'estomac) que possèdent ceux pouvant être utilisés en Allopathie.

Le saule blanc (*Salix alba*) possède des propriétés antalgiques et anti-inflammatoires données par la présence de la salicine qui est la molécule active du saule.

Pour émettre une posologie fiable, on parlera donc en milligramme de salicine. Ainsi on conseillera au patient de commencer par 60 mg de salicine par jour et si cela n'est pas suffisant, il pourra monter jusqu' à 240 mg par jour soit 60 mg 4 fois dans la journée.

Si le patient est allergique à l'aspirine, cette plante devra être prohibée.

Le curcuma (*Curcuma longa*) est une plante qui possède une forte activité anti-inflammatoire donnée par la présence de curcuminoïdes. Il faudra donc prendre l'équivalent de 200 à 400 mg de curcuminoïdes 3 fois par jour afin d'avoir cette activité contre l'inflammation.

La griffe du diable (*Harpagophytum procubens*) possède, comme le saule blanc, des propriétés anti-inflammatoires et antalgiques.

L'activité antalgique est donnée par la présence d'harpagosides au sein de cette plante alors que l'activité anti-inflammatoire est le fruit de l'action de plusieurs autres molécules. Elle sera utilisée à hauteur de 300 à 400 mg d'extrait sec de racine titrée à 3,6% soit 3 à 4 grammes de poudre par jour à prendre de préférence pendant les repas.

Enfin la Reine-des-prés (*Spiraea ulmaria*).

Cette plante est riche en acide salicylique ce qui donne l'action antalgique et les flavonoïdes qui vont permettre l'action anti-œdémateuse. On pourra la conseiller à la posologie de 300 mg à prendre 3 fois par jour.

Comme pour le saule la présence d'acide salicylique fait qu'il ne faudra pas le donner à un patient allergique à l'aspirine.

Au niveau local, on pourra utiliser des crèmes ou des huiles à base d'arnica qui vont être anti-inflammatoires et antalgiques (par la présence de lactone sesquiterpénique comme l'hélénaline) ainsi qu'anti-œdémateux, décontracturants et cicatrisants.

Aromathérapie

On pourra ici utiliser les mêmes huiles essentielles que pour la crampe musculaire.

On pourra également utiliser :

L'huile essentielle de menthe verte (*Menthe nana*) connue pour son action anti-inflammatoire.

On pourra enfin parler d'un produit qui n'est pas réellement une huile essentielle, mais qui en est composé majoritairement : le Baume du Tigre® qu'on pourra appliquer 2 à 3 fois par jour. Il est constitué de⁹⁸ :

- Camphre 25% ;
- Menthol 10% ;
- Huile Essentielle de Cajepout 7% ;
- Huile Essentielle de Menthe démentholisée 6% ;
- Huile Essentielle de Clou de Girofle 5% ;
- Huile Essentielle de Cannelier 5% ;
- Paraffine.

Homéopathie

Il sera possible d'utiliser les souches précédemment citées dans la prise en charge des crampes ainsi que la spécialité la Sporténine®.

Il sera également conseillé de masser la zone douloureuse avec une crème à l'arnica comme l'Arnicalm®.

La courbature trouvant son origine dans les micro-déchirures provoquées par l'effort on pourra utiliser également le Ruta graveolens 5CH utilisé dans les cas de déchirures et douleurs type meurtrissures à hauteur de 5 granules 3 fois par jour.

2.1.2. LES BLESSURES D'ORIGINES TENDINO-LIGAMENTAIRES

Les ligaments sont des bandes de tissus conjonctifs fibreux elles-mêmes formées de longues molécules de collagène. Cette entité extrêmement solide permet de relier et de connecter les os entre eux au sein des articulations. Ils sont là pour permettre de limiter la mobilité des articulations et empêcher certains mouvements. Attention de ne pas confondre avec les tendons qui, eux, relient les muscles aux os.

2.1.2.1. L'entorse

2.1.2.1.1. Origines

On appelle entorse une lésion traumatique qui va toucher une des articulations. Elle va être caractérisée par une élongation voire dans les cas graves, une déchirure d'un ou des ligaments de l'articulation.

On peut classer les entorses sous 3 catégories :

⁹⁸ <http://www.baumetigre.com/baume-du-tigre/2-baume-du-tigre-rouge-3000000247150.html>

- Simple : on aura un étirement du ligament qui sera alors distendu. À ce stade, l'articulation est encore fonctionnelle ;
- Modérée : rupture partielle ligamentaire ;
- Grave : rupture complète du ligament.

2.1.2.1.2. **Signes cliniques**

On observe 3 phases lors de la survenue d'une entorse.
Tout d'abord, le *varus* forcé de l'articulation va provoquer une douleur vive avec impossibilité de pouvoir l'utiliser.

Après un court repos, la douleur va alors diminuer ce qui va permettre la reprise d'une activité.

Enfin après quelques heures la douleur va alors revenir de manière plus lancinante provoquant une impossibilité d'utilisation de l'articulation.

On observera également un gonflement important immédiatement ou après plusieurs heures de l'articulation et, parfois, l'apparition d'un hématome qui viendra autour de celle-ci.

Une entorse dite grave va entraîner une sensation de craquement ou déchirure lors du traumatisme. Puis survient une douleur violente immédiate accompagnée d'une impossibilité de mobiliser l'articulation sans douleur. On observera la formation d'un œdème important avec très souvent un hématome.

2.1.2.1.3. **Traitements - Conseils à l'officine**

Le premier réflexe sera de mettre en place le protocole PRICE :
Protection :

Afin de pouvoir protéger l'articulation, on va utiliser des attelles dont le modèle variera en fonction de la gravité de l'entorse.

Pour une entorse sans gravité, un strapping pourra suffire. Cependant, on pourra aller jusqu'à une orthèse d'immobilisation totale si l'entorse est grave.

Ci-dessous, on peut voir que très rapidement on partira sur une orthèse stabilisatrice plus ou moins complexe qui évitera tous les mouvements latéraux de l'articulation.

Il est important pour le patient, dans le cas de l'entorse de cheville et de la mise en place d'une attelle, de lui conseiller de toujours mettre cette attelle avec une chaussure fermée afin de pouvoir tirer tous les bénéfices de cette attelle sur l'articulation.

Arbre décisionnel Attelles de Cheville

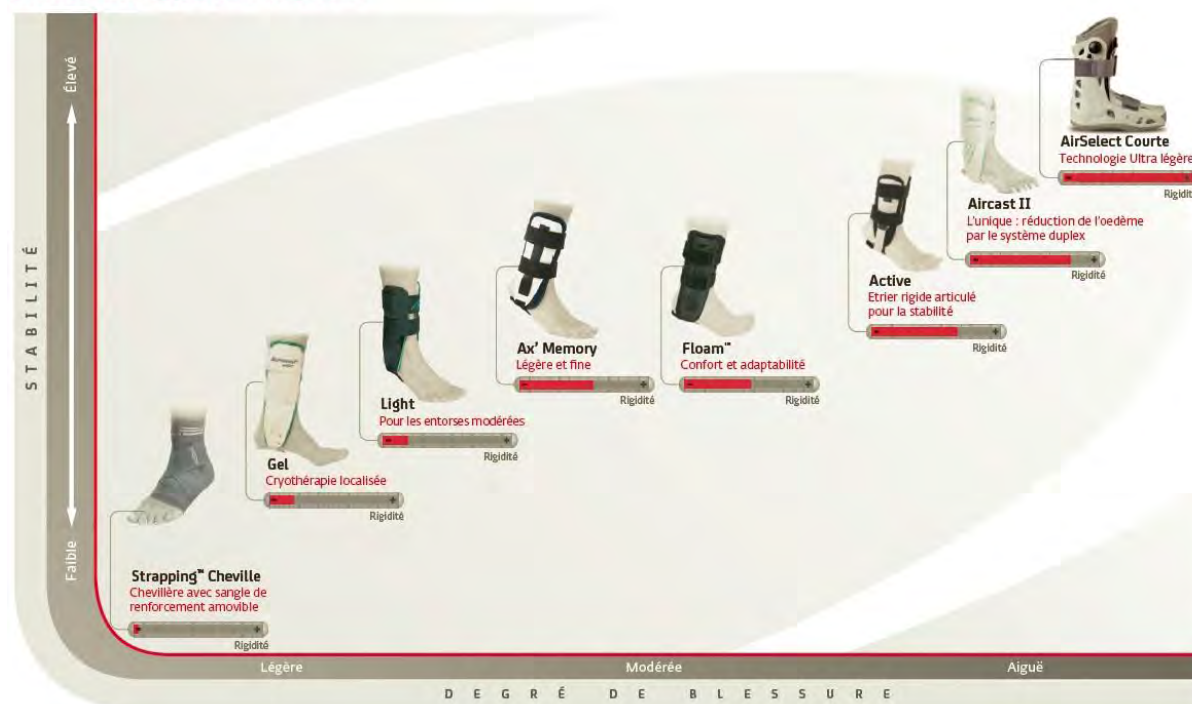


Figure 24 : Arbre décisionnel Donjoy⁹⁹

Repos :

Pour la mettre au repos il va falloir chercher à l'imiter au maximum sa sollicitation. Dans le cas de l'entorse de la cheville, on pourra utiliser des cannes anglaises

Icing : glaçage

Le glaçage sur une entorse possède une double action. Il va, d'une part, permettre de limiter l'œdème en provoquant une vasoconstriction des vaisseaux et va, d'autre part, limiter la douleur (effet antalgique du froid expliqué par la diminution du passage des médiateurs de l'inflammation et du passage des messages nociceptifs). Pour cet icing ou glaçage, il existe plusieurs dispositifs disponibles à l'officine :

- Les Aérosols de froid ;
- Les packs dits chaud/froid que l'on peut mettre au congélateur et apposer sur la zone douloureuse.

Il est possible si la personne n'a pas ce genre de dispositif chez elle qu'elle utilise une poche de glace (attention pas directement sur la peau, car il y a risque de brûlure par le froid).

Compression :

Cette compression doit être faite le plus vite possible à l'aide d'un bandage simple dans un premier temps. L'intérêt est qu'elle va favoriser la circulation sanguine donc l'évacuation des médiateurs de l'inflammation.

Pour ce faire, on pourra utiliser des bandes de contention adhésives type Elastoplast® ou auto-adhésive type Coheban®.

⁹⁹ <http://www.pharmacie-du-centre-albert.fr/uploads/pharmacy/23023/articleinline/images/DONJOY-cheville-arbre-d%C3%A9cisionnel.jpg>

Au niveau de la cheville, il sera possible de conseiller au patient une chaussette de contention de type 2 qui permettra alors de réduire plus rapidement l'œdème et aidera à stabiliser l'articulation en association avec l'orthèse.

Élévation :

Cette dernière étape va permettre encore une fois de favoriser la circulation sanguine et donc de réduire l'œdème.

On conseillera alors au sportif pour un bon rétablissement d'effectuer une rééducation chez un kinésithérapeute, car une entorse mal soignée peut fragiliser réellement les ligaments de l'articulation et provoquer des récives. Par la suite lors de la reprise du sport on pourra conseiller au sportif, pendant les premières semaines de reprise, de porter soit une chevillière type strapping soit de faire un strapping lui-même afin de soutenir l'articulation et de l'empêcher autant que faire se peut de faire un faux mouvement.

Allopathie

Voie interne

Afin de pouvoir calmer la douleur, on pourra utiliser des antalgiques de palier I. Il sera conseillé si la douleur est vraiment importante d'utiliser du paracétamol avec de la codéine pour avoir un effet antalgique plus important.

On va pouvoir également associer l'utilisation de l'anti-inflammatoire surtout pendant la phase dite aigüe (2 à 3 jours) afin de réduire l'inflammation au niveau du ligament.

Pour faire diminuer l'œdème on utilisera l'Extranase® à la posologie de 3 comprimés 3 fois par jour, jusqu'à diminution de l'œdème.

Voie externe

On pourra conseiller l'utilisation de crème composée d'un anti-inflammatoire associé ou non à du menthol afin de produire du froid. L'utilisation de crème contenant un anesthésique local peut être également possible comme l'Osmogel®.

Afin de réduire l'hématome des crèmes type Hémoclar® ou Huridoïd® qui contiennent des molécules permettant de favoriser la disparition des caillots de sang.

Aromathérapie

L'Hélichryse italienne (*Helichrysum italicum*) :

C'est une huile essentielle connue pour ces vertus anti-traumatiques qu'on peut utiliser pour réduire œdèmes et hématomes. Les italidiones, cétones sesquiterpéniques sont en effet des anti-hématomes très puissants. Grâce à leurs remarquables capacités chélatrices, elles empêcheront la diffusion du sang sous la peau et favoriseront la résorption de l'hématome.

Les italidiones ainsi que l'acétate de néryle, sont des esters terpéniques. Ils possèdent également des propriétés anti-inflammatoires qui feront diminuer l'œdème apparaissant lors d'une entorse.

Le Laurier noble (*Laurus nobilis*):

Il va être utilisé afin de réduire l'hématome et pour son action antalgique.

La Gaulthérie couchée : (cf.3.1.1.1.3)

L'Eucalyptus citronné (*Eucalyptus citriodora*) :

Il est composé (65-82%) de citronellal qui est un aldéhyde monoterpénique. C'est ce qui lui donne la majorité de ses propriétés :

- Anti-inflammatoires et antirhumatismales puissantes : il soulage les douleurs des articulations, module la réponse immunitaire de l'organisme et calme les sensations de chaleur et les rougeurs qui en découlent.
- Apaisantes avec action sur certains neuromédiateurs (molécules permettant le transfert de l'information nerveuse) qui viendront relaxer la personne atteinte et donc relâcher ses muscles aux alentours de l'entorse.
- Antispasmodiques et décontracturantes musculaires pour les muscles pouvant être sujets à ces spasmes ; ces deux dernières propriétés permettront le repos de l'articulation ce qui assurera un rétablissement rapide.

La menthe poivrée (*Mentha x piper*)

L'entorse c'est surtout une douleur et l'huile essentielle de menthe poivrée est un très bon antalgique local.

C'est le menthol, un alcool monoterpénique, qui possède des propriétés antalgiques et anesthésiques au niveau local par "sensation de froid". Il vient donc prolonger l'effet vasoconstricteur (diminue le diamètre des vaisseaux sanguins) de la poche de glace, souvent premier et intelligent réflexe à l'entorse. La vasoconstriction provoque une diminution de la taille des vaisseaux sanguins, de l'œdème, et calme la douleur. Le menthol est également un bon antispasmodique et un bon anti-inflammatoire. Il s'associera aux autres huiles essentielles pour augmenter ses propriétés et soulager l'entorse.

Homéopathie :

On pourra conseiller au patient de prendre une dose d'Arnica Montana en 5 ou en 9CH au moment du traumatisme puis 5 granules toutes les heures pour soulager la douleur.

Si celle-ci est très intense, il faut prendre une dose (un mini-tube à prendre en entier ou 10 granules d'un tube normal) de 30, 15, 12 puis 9CH toutes les 24 heures, réparties sur quatre jours.

Pour pouvoir réduire l'œdème on utilisera une dose de Bryonia 5CH trois fois par jour.

Si la zone douloureuse est froide et pour réduire la douleur par le froid on conseillera une dose de Ledum Palustre 5CH.

S'il s'agit d'une entorse de stade 2 on pourra donner également pour traiter la déchirure par Ruta Graveolens 5CH à hauteur de 5 granules toutes les heures.

Pour une entorse de stade 1 afin d'agir au niveau musculaire on utilisera Rhux Toxicodendron 5CH.

En cas d'entorse récidivante Natrum Carbonicum 5CH à hauteur de 3 granules 3 fois par jour.

2.1.2.2. La tendinite

2.1.2.2.1. **Origines :**

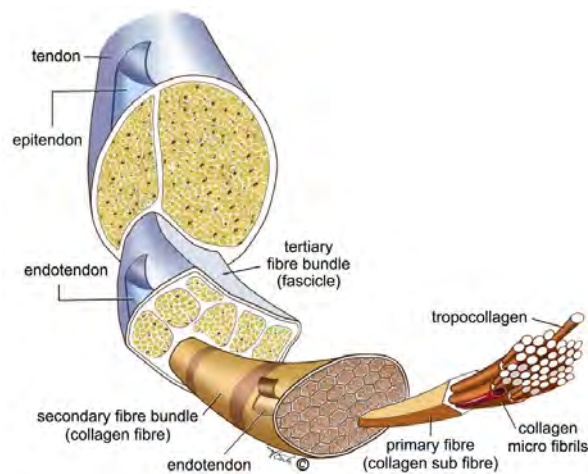


Figure 25: Physiologie du tendon¹⁰⁰

Le tendon est un tissu conjonctif dense, très peu vascularisé. Il est composé de fibres de collagènes qui sont organisées en parallèle dans l'axe longitudinal du tendon. On peut donc dire que c'est un matériau précontraint dont le rôle principal sera de résister aux forces qui s'exercent selon l'axe de ses fibres. C'est pour cela que les tendons possèdent l'une des forces de résistance les plus élevées de tous les tissus mous corporels. Il est, à la différence des ligaments, très élastique.

Son rôle est de pouvoir fixer les muscles aux os et ainsi de transmettre les forces qui s'exercent sur les muscles aux os. Il va permettre au muscle d'être à la distance optimale de l'articulation. Ainsi il joue un rôle primordial dans l'articulation et son mouvement.

La tendinite correspond à une inflammation des tendons. On parle aussi de tendinopathie. Elle survient lors de micro-lésions de surcharge provoquées par différentes causes. En effet, on va observer une modification du diamètre, de la densité et du parallélisme des fibres de collagène ainsi qu'une prolifération angioblastique et nerveuse avec apparition de néovascularisation. Il est important de noter qu'en cas de déchirure partielle négligée par le patient, il peut y avoir une mauvaise cicatrisation.

Le plus couramment on peut les trouver :

Au niveau du coude :

- L'épicondylite ou Tennis Elbow
- L'épitrachéite

Au niveau de l'épaule :

- La tendinite de la coiffe des rotateurs
- Tendinite du biceps

Au niveau du genou :

- Tendinite de la patte-d'oie
- Tendinite du tendon rotulien
- Tendinite du quadriceps
- Tendinite du fascia lata ou syndrome de l'essuie-glace

¹⁰⁰ <http://lesuividusportif.com/>

Au niveau de la main et du poignet :

- La tendinite de De Quervain
- Tendinite des extenseurs communs des doigts

Au niveau du pied et de la cheville :

- Tendinite des péroniers latéraux
- Tendinite du jambier postérieur
- Tendinite du tendon d'Achille

Autres tendinites :

- Tendinite de hanche ou bursite trochantérienne
- Pubalgie ou tendinite des adducteurs
-

La tendinopathie possède, selon la classification de Blazina¹⁰¹, 4 stades

Stade 1 : douleur après l'effort

Stade 2 : douleur pendant l'effort et après

Stade 3 : douleur permanente à l'effort et au repos

Stade 4 : rupture tendineuse

Les causes de survenue de ces tendinites sont multiples et variées :

- Des défauts techniques et du geste sportif
- Surmenage d'activité
- Une mauvaise pratique
- L'absence de pratique d'étirements
- Une condition physique médiocre
- L'utilisation d'un équipement non adapté
- Une infection dentaire
- La prise de médicaments (quinolones, statines....)
- Une mauvaise posture
- Des erreurs diététiques, dont un déficit d'hydratation.
- Un mauvais traitement initial et le manque de repos.

2.1.2.2.2. **Signes cliniques :**

La tendinite est comme son nom l'indique une inflammation des tendons. Elle va se manifester par une douleur au niveau des tendons lésés. En fonction de l'importance de l'atteinte, la douleur peut survenir uniquement au moment de la mobilisation de l'articulation, mais peut également survenir lorsque l'articulation est au repos. On peut également observer que la peau, niveau du tendon, est rouge et chaude au toucher (signe de l'inflammation). De plus, un gonflement de la zone peut être observé. On observe une douleur lors de la palpation, de l'étirement du muscle lié au tendon ainsi qu'une possible tuméfaction.

2.1.2.2.3. **Traitements - Conseils à l'officine**

On pourra utiliser la méthode RICE : comme vu précédemment (PRICE sans Protection) : Repos – Icing – Contention – Élévation

¹⁰¹ <http://www.kinedusport.com/wp-content/uploads/2015/03/2013-12-Tendinopathies-Classifications-F.Lagniaux.pdf>

Allopathie

Comme dans les parties précédentes, afin de pouvoir diminuer la douleur, on pourra utiliser les antalgiques de palier 1 associé à de la codéine et de la caféine si jamais l'effet n'était pas suffisant.

Il sera possible d'utiliser des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), à l'image de l'ibuprofène.

Cependant, lors des tendinites chroniques, qui ne sont souvent pas associées à une inflammation, l'utilisation des AINS est remise en cause, car ils pourraient même avoir un effet délétère sur la résolution de la tendinite¹⁰².

Si l'intensité de la douleur n'est pas résolue et réduite par les traitements précédemment décrits, on pourra alors envisager une prise en charge médicale par injection de corticoïdes. Cependant, il faudra se méfier, car la diminution brusque de douleur peut empêcher la personne de ressentir la limite dans l'utilisation de son tendon et provoquer une rupture qui peut aller de partielle à totale.

On pourra associer à la voie orale, la voie locale avec une crème ou un gel contenant un AINS pour soulager la douleur.

Phytothérapie

La prêle (*Equisetum arvense*)

Connue pour son action reminéralisante sur les tendons et les articulations ainsi que pour son action assouplissante pour les tissus (et notamment pour les tendons) on pourra la conseiller à hauteur de 1000 à 1500 mg par jour. Cette action provient du fait que la prêle contient de 5 à 8% de silice et d'acide silicique qui sont des substances qui vont avoir un rôle dans la formation des tissus conjonctifs.

L'harpagophytum :

(cf. 2.1.1.3.3)

On le prendra à hauteur de 1000 à 1500 mg par jour à réduire progressivement en fonction de la réduction de la douleur à 500 mg.

Aromathérapie

On va pouvoir utiliser l'huile essentielle de Gaulthérie en application locale.

Afin d'avoir une action plus importante, on pourra également la mélanger avec d'autres huiles essentielles :

- 25 gouttes d'huile essentielle de Gaulthérie odorante
- 25 gouttes d'huile essentielle d'Eucalyptus citronné
- 10 gouttes d'huile essentielle de Vétiver (pour sa propriété tonique circulatoire artérielle et veineuse)
- 50 gouttes d'huile végétale d'Argan

Cette préparation sera à appliquer 3 à 4 fois par jour pendant 5 à 7 jours.

Homéopathie

Le traitement homéopathique de la tendinite consiste à administrer au sujet atteint 5 granules d'une souche spécifique deux fois par jour pendant 15 jours. Les symptômes détermineront le choix de la souche.

Si les tendons sont très raides et très contractés, on pourra donner du *Causticum* 7CH. Ceci sera d'autant plus utile si la douleur gêne les mouvements.

Le *Rhus toxicodendron* 5CH permet d'éliminer la sensation de raideur.

¹⁰² Anti-inflammatoires non stéroïdiens en médecine du sport : utilité et controverses. Ziltener JL, Leal S, Fournier PE. Ann Phys Rehabil Med. 2010 May;53(4):278-82, 282-8

Le Ruta graveolens 5CH va être utilisé si le patient ressent une douleur que la modification de position des membres.

Si la tendinite se trouve au niveau de la cheville on donnera Ledum palustre 5CH.

Si elle est au niveau du coude, Kalium bichromicum 5CH accompagné de Symphytum 5CH.

Au niveau de l'épaule, du genou ou du poignet, on donnera Ferrum metallicum 5CH, Sticta pulmonaria 5CH et Ammonium muriaticum 5CH.

2.1.3. LES BLESSURES D'ORIGINES OSSEUSES

2.1.3.1. La fracture osseuse aigüe

Ici, je ne développerai pas les causes de la fracture ni même les traitements directs puisque c'est une urgence médicale qui n'est donc pas prise en charge à l'officine.

En effet dès qu'il y a suspicion d'une fracture à l'officine, le patient est directement orienté vers le médecin ou l'hôpital.

Le diagnostic se fait avec la présence de :

- Contusion ;
- Hématome, ecchymose
- Os disloqué ;
- Membre déformé ou déplacé ;
- Membre engourdi ou très douloureux ;
- Impossibilité de mobiliser le membre touché ;
- Saignement dans la région touchée ;
- Perte de conscience.

2.1.3.2. La fracture de fatigue

À la différence de la fracture aigüe qui peut survenir à tout moment de manière inattendue, la fracture de fatigue est la résultante d'une longue suite de microtraumatismes qui provoque, au sein même de l'os, des fissures qui vont alors le fragiliser.

On va retrouver davantage ce genre de fracture chez les grands sportifs puisque les os subissent très régulièrement des chocs. Ce sont souvent les membres inférieurs qui seront touchés puisqu'ils subissent le plus de contraintes via le poids du corps.

Mis à part le traitement de la douleur qui peut être donné sans ordonnance, tout le traitement consistera à une prise en charge médicale.

2.1.3.3. La périostite

Le périoste est un tissu, riche en fibres nerveuses et vaisseaux sanguins, qui recouvre la surface de l'os. Il va se confondre avec les attaches des muscles au niveau de l'os. La périostite est la résultante de nombreux chocs répétés qui viennent créer une fatigue de l'os et créer une inflammation du périoste. On la retrouve notamment chez les coureurs au niveau du tibia.

Elle se manifeste à froid et pendant les phases d'accélération et de décélération à réception du pied sur le sol et lors de la propulsion. Si le sportif vient à

maintenir une vitesse élevée, la douleur va s'atténuer puisque le temps d'impact sur le sol devient plus court, ce qui va réduire alors les vibrations et donc les chocs sur la surface osseuse. Cependant, la douleur revient lors de l'arrêt de l'effort.

Cette pathologie, relativement bénigne, est cependant très handicapante pour le sportif puisqu'elle est très gênante en raison de la nature de son intensité et de sa localisation.

De multiples facteurs peuvent être à l'origine de cette pathologie :

- Une augmentation brutale du stress mécanique avec une augmentation du volume ou de l'intensité des entraînements (distance, durée, fréquence, côtes, sols durs...) ;
- Une mauvaise technique de course (mauvaise posture) ;
- Une biomécanique de la cheville (en particulier une hyperpronation entraînant un surmenage musculaire) ;
- L'utilisation de chaussures inadaptées ou trop usées ;
- Une mauvaise hydratation ou alimentation ;
- Une différence de longueur de jambe ou un surpoids sont également à prendre en considération.

Au niveau de la clinique, on retrouve un os douloureux à la palpation sur plusieurs centimètres, en général sur le tiers moyen du tibia et sur sa face interne.

On la retrouve au niveau du tibia antérieur, qui a pour rôle d'effectuer une dorsiflexion du pied (ramener le pied vers soi) et l'inversion (lorsque le pied tourne vers l'intérieur).

Un surmenage survient lors de course en descente ou lorsque le coureur attaque le sol trop sur le bout du pied. Le muscle absorbe l'impact alors qu'il est étiré (on parle de contraction excentrique). Il a un rôle freinateur, causant des micro-déchirures qui, à la longue, le traumatisent.

On va également le retrouver au niveau du tibia postérieur, principal muscle releveur de l'arche interne du pied. Lors de la phase d'amortissement, il va ramener le pied en inversion lorsque celui-ci part en pronation et participe également au mouvement de flexion plantaire (mise sur pointes de pied) en synergie avec les mollets.

Le valgus de l'arrière-pied (talon rentré vers l'intérieur) ou le varus de l'arrière-pied (talon tourné vers l'extérieur) vont entraîner une hyperpronation compensatrice. Cela provoque une sursollicitation du tibia postérieur qui essaie de contrôler la pronation excessive.

Une telle condition requiert un arrêt complet de l'activité et la mise au repos de l'os. Des semelles avec amorti ou une botte de marche sont souvent préconisées.

Traitements - Conseils à l'officine

Le premier conseil à donner est de dire au sportif d'arrêter durant au moins 15 jours la pratique du sport.

Étant donné que c'est une pathologie qui peut être récidivante, il faudra expliquer au sportif qu'il faudra qu'il fasse désormais attention à la survenue de nouvelles douleurs qui devront être son baromètre pour ralentir son activité physique. Il faudra également lui proposer d'aller voir un spécialiste du sport afin de déterminer l'origine de celle-ci et de pouvoir corriger le problème s'il s'agit d'une mauvaise technique, ou même de matériels inadaptés. Il existe depuis peu de temps sur le marché des bandes que

l'on va pouvoir coller directement sur la peau qui vont pouvoir servir à diminuer considérablement la douleur.

En plus d'une prise en charge par un kinésithérapeute, il sera possible de poser de K-tape ce qui va permettre de soutenir les muscles et de coller le périoste contre l'os durant l'effort. Dans un ensemble d'études¹⁰³, il a été démontré que le K-taping permettait significativement de réduire la douleur. De même, le port de manchon de compression permet d'obtenir sensiblement les mêmes effets.

Allopathie

Pour traiter la périostite comme il s'agit d'une inflammation on pourra utiliser des antalgiques de palier 1 et des anti-inflammatoires en prenant bien soin d'expliquer que cela n'est utile que si le sportif reste au repos. Le risque principal est que ces médicaments masquent la douleur et que donc le sportif qui continue son activité aggrave celle-ci.

Traitement idem : courbatures

Phytothérapie, Aromathérapie et Homéopathie

Traitement idem : courbatures

2.2. CONCLUSION

Le rôle du pharmacien va être de guérir une blessure avec l'aide de tout l'arsenal thérapeutique à sa disposition. Grâce à son accessibilité et sa proximité, le pharmacien pourra aller plus loin dans la prise en charge du sportif au niveau de sa blessure. Outre le fait de soigner avec l'aide de tout l'arsenal thérapeutique à disposition, le pharmacien va pouvoir également aider le patient sportif à éviter la survenue de ces blessures par des conseils.

Les blessures des sportifs proviennent très principalement de :

- Mauvaise préparation, mauvais échauffement.
- Entraînement inadapté ;
- Matériel inadapté ;
- Mauvaise technique.

2.2.1. ÉCHAUFFEMENT

La santé et la sécurité des sportifs dépendent de la qualité de l'échauffement, il est donc très important de le préparer et de le conduire avec sérieux et attention.

L'échauffement va permettre à l'organisme de pouvoir augmenter progressivement la chaleur de l'organisme. Cette augmentation de la température va permettre alors de diminuer la viscosité musculaire (par réduction des résistances élastiques à l'intérieur du muscle). Les muscles, tendons et ligaments deviennent alors plus souples et plus étirables.

¹⁰³ Eur J Phys Rehabil Med. 2013 Oct;49(5):699-709. Epub 2013 Apr 5. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping--fact or fashion ?. Kalron A1, Bar-Sela S.

Au niveau cardio-vasculaire, l'échauffement va permettre d'augmenter progressivement la consommation en oxygène, de la fréquence et du débit cardiaque ainsi que l'augmentation de débits sanguins musculaires.

Enfin, l'augmentation de la température corporelle à 38,5° permet une augmentation de la conduction nerveuse et l'arrivée de l'oxygène. Cette nécessité d'augmenter légèrement la température corporelle explique le fait qu'il faille absolument d'avoir des vêtements adaptés à l'échauffement avant de pouvoir se découvrir.

En fonction de l'intensité de l'activité qui suivra, la durée de cet échauffement pourra varier de 5 à 45 minutes (20 minutes représentent un consensus dans le milieu sportif). Cet échauffement comportera 3 parties :

Mise en train : a pour but de préparer les fonctions cardiovasculaires et respiratoires (120 pulsations/minutes) à l'effort. Elle va durer de 5 à 10 minutes.

On pourra la faire sous forme d'une course lente, de faible intensité.

Ensuite, on pourra passer à une course d'intensité moyenne associée à des déplacements variés (pas chassées, talons-fesses...).

Assouplissements et activation locale : a pour but de préparer la sollicitation des groupes articulaires et musculaires qui seront mis à contribution durant l'activité suivante. Elle va durer environ 5 minutes et se fera par des exercices d'étirements et de mobilisations des groupes articulaires.

Activation des muscles et articulations spécifiques : qui a pour but d'effectuer des exercices spécifiques proches de l'activité.

Préparer la coordination intermusculaire : va permettre d'apporter de l'oxygène et les substrats énergétiques *via* la redistribution du volume sanguin dans les muscles qui seront sollicités. Elle durera environ 3 minutes.

2.2.2. ENTRAÎNEMENT ADAPTE

Il sera indispensable d'expliquer au sportif qu'il doit adapter la récurrence et l'intensité de ses séances sportives aux capacités de son organisme.

On pourra conseiller au sportif de se tourner vers un professionnel du coaching sportif afin que ce dernier puisse lui faire un programme personnalisé et adapté avec un risque minimal de blessure. Un surentraînement aboutira par une fatigue accrue et un risque plus élevé d'apparition de blessure.

2.2.3. ÉTIREMENT

Après une séance sportive, nombreux sont ceux qui oublient cette partie qui devrait faire entièrement partie de la séance. Une séance sportive provoque un traumatisme pour l'organisme. Que ce soit les muscles, les ligaments ou les tendons, l'ensemble des groupes musculo-articulaire va avoir tendance à se raidir et à se contracter au fur et à mesure de la séance. Les étirements vont alors permettre aux muscles de pouvoir regagner leurs longueurs d'origine en se décontractant.

On distinguera deux types d'étirements :

- Les étirements dynamiques.

Ce sont des mouvements d'élan donnés aux membres afin de provoquer, en phase terminale, un étirement du muscle. Ils seront davantage utilisés dans l'échauffement afin d'augmenter la température au niveau du muscle.

- Les étirements statiques.

L'objectif de ces étirements est de pouvoir mettre sous tension, sans à-coups, les muscles en utilisant le poids du corps. On va maintenir le muscle sous tension pendant quelques secondes puis le relâcher.

2.2.4. MATERIEL ADAPTE

En prenant l'exemple du coureur, le choix des chaussures utilisées est primordial. En effet, tous les coureurs n'ont, par exemple, pas la même façon de courir, c'est pourquoi ils n'auront pas besoin du même type de chaussures. Certains seront dits universels et d'autres pronateurs. Le résultat est que la basket choisie aura alors une semelle adaptée afin de limiter au maximum l'intensité de l'impact sur la plante des pieds. De même en fonction de la surface sur laquelle il court, le type de chaussure va varier.

Utiliser de mauvaises chaussures peut provoquer des périostites, des crampes et des douleurs dans les membres inférieurs. C'est pourquoi on conseillera vivement au sportif d'aller s'adresser à des équipementiers professionnels afin d'être mieux aiguillé dans le choix du matériel et que celui-ci lui convienne au mieux à ces besoins.

2.2.5. UNE TECHNIQUE ADAPTEE

Il n'y a pas de secret, afin d'éviter tout risque de blessure il faut connaître les bons mouvements.

Dans les salles de sport où les sportifs sont laissés sans coach, beaucoup de néophytes vont vouloir rapidement brûler les étapes sans avoir la bonne technique. Il en résulte alors des douleurs au niveau du dos, du cou....

Ce constat peut-être le même au niveau de la course qui peut provoquer sans une bonne technique des douleurs au niveau du bas du dos.

Afin de pouvoir éviter cela, dans un premier temps, il faudra conseiller au sportif de pouvoir s'adresser à des professionnels du sport afin d'être formé aux bons mouvements. Il en résultera une meilleure maîtrise et surtout une amélioration des performances significatives tout en limitant les risques de blessure.

PARTIE III

PRISE EN CHARGE DU DOPAGE À L'OFFICINE

La recherche de la performance pousse certains sportifs à vouloir dépasser les limites de leurs organismes. Afin d'augmenter leurs forces, leurs performances, leurs récupérations, etc. Ils vont avoir recours à des substances chimiques non autorisées.

Dans cette partie, nous allons voir que le rôle du pharmacien dans la lutte antidopage est primordial. Désormais, ce rôle lui est officiellement attribué et de nombreux outils ont été mis à sa disposition afin de pouvoir lutter contre ce fléau.

Nous verrons tout d'abord les textes de lois donnant au pharmacien un rôle dans la lutte contre le dopage, puis nous regarderons les différentes catégories de produits dopants et enfin nous verrons quels sont les outils qui sont mis à la disposition du pharmacien dans cette lutte.

3.1. DÉFINITION DU DOPAGE

3.1.1. TEXTE DE LOI ET DATE DE MISE EN PLACE

Selon le Larousse 2017 le dopage est le *« Fait d'administrer, d'inciter à l'usage, de faciliter l'utilisation, en vue d'une compétition sportive, de substances ou de procédés de nature à accroître artificiellement les capacités physiques d'une personne ou d'un animal ou à masquer leur emploi en vue d'un contrôle. »*

Du point de vue législatif d'après le code du dopage de 2009¹⁰⁴, le dopage se *« définit comme une ou plusieurs violations des règles antidopage énoncées aux articles 2.1 à 2.8 du Code »* :

- 2.1 *Présence d'une substance interdite, de ses métabolites ou de ses marqueurs dans un échantillon fourni par un sportif ;*
- 2.2 *Usage ou tentative d'usage par un sportif d'une substance interdite ou d'une méthode interdite ;*
- 2.3 *Refus de se soumettre à un prélèvement d'échantillon ou fait de ne pas s'y soumettre sans justification valable après notification conforme aux règles antidopage en vigueur, ou fait de se soustraire à un prélèvement d'échantillon ;*
- 2.4 *Violation des exigences applicables en matière de disponibilité des sportifs pour les contrôles hors compétition, y compris le manquement à l'obligation de transmission d'informations sur la localisation, ainsi que les contrôles établis comme manqués sur la base de règles conformes aux standards internationaux de contrôle. La combinaison de trois contrôles manqués et/ou manquements à l'obligation de transmission d'informations sur la localisation pendant une période de dix-huit mois, telle qu'établie par les organisations antidopage dont relève le sportif, constitue une violation des règles antidopage ;*
- 2.5 *Falsification ou tentative de falsification de tout élément du contrôle du dopage ;*

¹⁰⁴ https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada_anti-doping_code_2009_fr_0.pdf

- 2.6 Possession de substances ou méthodes interdites ;
- 2.7 Trafic ou tentative de trafic de toute substance ou méthode interdites ;
- 2.8 Administration ou tentative d'administration à un sportif en compétition d'une méthode interdite ou d'une substance interdite, ou administration ou tentative d'administration à un sportif hors compétition d'une méthode interdite ou d'une substance interdite dans le cadre de contrôles hors compétition, ou assistance, incitation, contribution, dissimulation ou toute autre forme de complicité impliquant la violation, ou toute autre tentative de violation d'une règle antidopage.

Que ce soit chez les amateurs ou chez les professionnels, la culture de la performance pousse souvent les sportifs à avoir recours à l'utilisation de produits dopants.

Cette utilisation peut être consciente ou inconsciente, éclairée ou non, mais dans tous les cas elle peut présenter de nombreux risques pour l'utilisateur que ce soit, premièrement pour leur santé, mais aussi pour les cas les moins graves et risqués, pour sa performance sportive qui, s'il est contrôlé positif, peut amener à sa disqualification.

3.1.2. CLASSEMENTS DES PRODUITS DOPANTS

Afin de pouvoir au mieux prévenir tout risque il est important pour les professionnels de santé et notamment les pharmaciens de connaître la liste des spécialités pharmaceutiques françaises qui sont considérées comme produits dopants. Cette dernière liste a été établie en collaboration avec le ministère des Sports d'après la liste 2016 des substances et méthodes interdites. Elle a été approuvée par le comité exécutif de l'Agence mondiale antidopage (AMA). Elle est actualisée annuellement. Cette liste présente les spécialités avec les dénominations commerciales et le principe actif dopant.

On va pouvoir classer les produits en plusieurs classes :

3.1.2.1. Substances interdites en permanence (en et hors compétition)

3.1.2.1.1. S0 - Substances non approuvées

Toute substance pharmacologique non incluse dans une section de la liste des produits dopants et qui n'est pas actuellement approuvée pour une utilisation thérapeutique chez l'Homme par une autorité gouvernementale réglementaire de la Santé est interdite en permanence (*par exemple les médicaments en développement préclinique ou clinique ou qui ne sont plus disponibles, substances approuvées seulement pour usage vétérinaire*).

3.1.2.1.2. **S1 - Agents anabolisants**

Intérêts et usages médicaux

Il existe trois catégories d'agents anabolisants :

- 1- Les stéroïdes anabolisants androgènes exogènes. Ils ne peuvent être produits naturellement par l'organisme humain (ex : nandrolone) ;
- 2- Les stéroïdes anabolisants androgènes endogènes. Ils peuvent être produits naturellement par l'organisme humain (ex : la testostérone) ;
- 3- Autres substances possédant une structure chimique similaire ou un des effets biologiques identiques.

Cette classe de médicament va regrouper les substances utilisées pour augmenter la synthèse protéique dans les cellules. Ils peuvent être utilisés pour pallier une insuffisance naturelle de sécrétions de la part de l'organisme, ou pour traiter des pathologies comme l'endométriose, la ménopause ou encore l'aplasie médullaire.

Intérêts détournés

Son usage détourné va viser à pouvoir développer la masse musculaire du sportif (par l'effet anabolisant), développer force, puissance, vitesse et endurance et permettre d'augmenter la résistance à des charges importantes d'entraînement. Il y a également un effet positif sur la volonté et la sensation de bien-être.

Les risques

Un usage détourné chez une personne ne nécessitant pas ce genre de produit aura de lourdes conséquences qui peuvent être particulièrement graves :

- Atrophie des testicules ;
- Lésions de la prostate ;
- Impuissance (pour les hommes) ;
- Développement de la pilosité ;
- Perturbation des cycles menstruels (pour les femmes) ;
- Infertilité ;
- Arrêt de la croissance ;
- Cancer du foie ;
- Rupture tendineuse ;
- Déchirure musculaire ;
- Troubles du comportement ;
- Agressivité.

3.1.2.1.3. **S2 - Hormones peptidiques, facteurs de croissance, substances apparentées et mimétiques**

Ils sont constitués par la gonadotrophine, l'hormone de croissance (GH) et l'Érythropoïétine (EPO).

Ce sont des substances présentes naturellement dans l'organisme. Et c'est ce qui rend difficile, par conséquent, la détection des substances d'origine exogène.

L'hormone de croissance (HGH)

Intérêts et usages médicaux

Cette hormone permet la croissance des os, des organes et des muscles. C'est pourquoi elle est utilisée dans un cadre hospitalier pour lutter contre le nanisme.

Elle sera également utilisée dans d'autres pathologies plus rares :

- Le syndrome de Turner (qui est causé par l'absence totale ou partielle de chromosome X chez la femme, ce qui entraîne alors un dysfonctionnement des ovaires).
- Une anomalie du gène Shox.
- Le syndrome de Prader-Willi (c'est une maladie génétique qui se caractérise par une diminution du tonus musculaire à la naissance).
- Une insuffisance rénale.
- Un retard de croissance chez l'enfant né petit pour l'âge gestationnel.

Intérêts détournés

Pour certains, à usage répété, elle permettrait indirectement une augmentation de la masse musculaire et une augmentation des performances.

Il en résulte une amélioration de la force et de la vitesse de contraction musculaire¹⁰⁵. Cette hormone va provoquer une modification des filières énergétiques utilisées durant l'effort. C'est pour toutes ces raisons que cela fait de l'hormone de croissance un produit intéressant sur le plan de dopage.

Les risques

- Croissance anormale des organes ;
- Hypertrophie osseuse ;
- Déformation irréversible des os plats (faciès chevalin) ;
- Hypertension et insuffisance cardiaque ;
- Diabète ;
- Maladie de Creutzfeldt Jacob.

L'érythropoïétine (EPO)

Intérêts et usages médicaux

C'est une hormone qui est produite au niveau rénal et qui va induire, lors de sa sécrétion, une stimulation de production et la maturation des globules rouges au niveau de la moelle osseuse.

Elle sera utilisée en milieu médical lors des insuffisances rénales chroniques, des maladies hématologiques, de cancers, de lymphomes, de myélomes multiples ou encore lors de programmes de transfusion autologue.

Intérêts détournés

L'usage dopant d'EPO va permettre en augmentant le nombre de globules rouges (taux d'hématocrite), d'augmenter l'apport en oxygène vers les muscles. Ainsi elle va pouvoir permettre d'augmenter de la durée d'entraînement en repoussant dans

¹⁰⁵ Effects of Human Growth Hormone in Men over 60 Years Old Daniel Rudman, M.D., Axel G. Feller, M.D., Hoskote S. Nagraj, M.D., Gregory A. Gergans, M.D., Pardee Y. Lalitha, M.D., Allen F. Goldberg, D.D.S., Robert A. Schlenker, Ph.D., Lester Cohn, M.D., Inge W. Rudman, B.S., and Dale E. Mattson, Ph.D. N Engl J Med 1990; 323:1-6 July 5, 1990 DOI: 10.1056/NEJM19900705323010

le temps la sensation de fatigue et d'augmenter la $VO_2\text{max}$ qui représente l'aptitude de l'organisme à utiliser de l'oxygène au cours de l'effort.

Cela va alors largement favoriser l'augmentation des performances notamment dans les épreuves d'endurance ou celles qui se déroulent en altitude.

Les risques

Le risque est induit par l'augmentation du nombre de globules rouges qui, en trop grosse quantité, va provoquer une augmentation de la viscosité du sang et ainsi une diminution de la fluidité sanguine pouvant, in fine, provoquer un arrêt cardiaque et par extension la mort.

La gonadotrophine chorionique humaine (HMG)

Intérêts et usages médicaux

Elle est sécrétée lors de la grossesse par le placenta dès le début de sa formation via les cellules syncytiotrophoblastes et les cytotrophoblastes villositaires.

On va pouvoir distinguer 2 types de gonadotrophines :

- **L'hormone lutéinisante**, appelée également lutéotropine, ou LH.
- **L'hormone folliculostimulante**, également connue sous le nom de folliculotropine, ou FSH.

Ces deux hormones sont semblables dans les deux sexes.

La gonadotrophine va commencer à être sécrétée au moment de la puberté par l'hypophyse. Elle va agir en stimulant les gonades et en provoquant ainsi la production de testostérone chez l'homme et d'estradiol chez la femme.

Lors de la grossesse, c'est cette gonadotrophine que les tests de grossesse vont pouvoir détecter.

Chez la femme en l'associant à de la FSH ou de HMG :

- Elle est utilisée pour le traitement de la stérilité provoqué par anovulation ou dysovulation ;
- Elle permet de déclencher l'ovulation dans le cadre des procréations médicalement assistées que l'on injecte quelques heures avant la ponction.

Chez l'homme, on va l'utiliser pour :

- Traiter la stérilité par insuffisance de la spermatogénèse en cas d'hypogonadisme hypogonadotrope en association avec les FSH et HMG ;
- Cryptorchidie en l'absence d'obstacle anatomique ;
- Test à l'HCG pour l'exportation de la fonction leydigienne du testicule.

Intérêts détournés

C'est le fait qu'elle soit un précurseur de la testostérone qui fait que cette hormone a un attrait chez les sportifs voulant se doper.

En effet, le fait de pouvoir l'utiliser va forcer l'organisme à fabriquer lui-même de la testostérone. On parle ici de dopage indirect à la testostérone puisque c'est le corps qui va sécréter la testostérone lui-même. Cela entraîne donc une hausse anormale du taux de testostérone dans le sang.

Les risques

Utiliser cette hormone lorsqu'il n'est pas nécessaire va avoir de graves conséquences :

- Gynécomastie : développement des seins chez l'homme. Ce sera le même problème qu'avec la testostérone ;
- Déchirures musculaires, qui peuvent notamment être dues au fait que le sportif va chercher à s'entraîner plus intensément, alors que les articulations n'ont pas eu le temps de se renforcer pour s'adapter à cette nouvelle intensité ;
- Calvitie ;
- Tendinites ;
- Maux de tête et troubles du foie ;
- Cancers et troubles cardiovasculaires graves ;
- Stérilité et impuissance ;
- Agressivité ;
- Dérèglements hormonaux.

3.1.2.1.4. **S3 - Les bêta-agonistes**

Intérêts et usages médicaux

Les Bêta-2 agonistes sont des stimulants des récepteurs bêta du système sympathique. Ils vont provoquer une augmentation de la fréquence cardiaque et un relâchement des muscles bronchiques et utérins.

Sur le plan médical, ils seront utilisés pour leur action bloquante pour les récepteurs adrénergiques au niveau du cœur et des vaisseaux entraînant une baisse de la tension artérielle et dans le cadre de l'insuffisance cardiaque par diminution de la force contractile du myocarde.

Ils sont généralement prescrits chez les patients ayant déjà subi un infarctus du myocarde, souffrant d'une angine de poitrine ou aux patients ayant un rythme cardiaque au repos trop élevé.

Intérêts détournés

Ils sont également utilisés pour leur vertu anabolisante (à des doses très supérieures aux doses thérapeutiques).

Ils sont alors utilisés par les sportifs pour :

- Améliorer la fonction respiratoire ;
- Brûler les graisses ;
- Provoquer un bien-être cardio-respiratoire ;
- Leur action anabolique à très haute dose.

On retrouve leur utilisation dans les sports d'endurance ayant lieu dans des conditions souvent difficiles comme le cyclisme, le ski de fond.

Les risques

- Troubles du comportement ;
- Agressivité ;
- ruptures tendineuses ;
- déchirures musculaires ;
- cancer du foie et certaines pathologies cardiaques.

Depuis janvier 2010, le salbutamol (Ventoline®) n'est plus interdit, il peut être utilisé avec une simple déclaration d'usage.

3.1.2.1.5. **S4 - Les modulateurs hormonaux et métaboliques**

L'insuline

Intérêts physiologiques naturels

L'insuline est une hormone sécrétée par le pancréas. Elle va être sécrétée notamment lors d'un repas afin de pouvoir réguler la glycémie (taux de glucose dans le sang) et le mettre le glucose sous forme de réserve glycogénique.

Ainsi, elle fait partie des hormones qui vont pouvoir réguler l'utilisation du glucose par l'organisme (cf. 1.2.1.2)

Dans le domaine médical on va délivrer de l'insuline aux personnes diabétiques de type I donc insulino-dépendant provenant de l'absence de production d'insuline.

Intérêts détournés

De prime abord, on pourrait penser que, du fait de son faible champ d'action, l'usage de l'insuline n'est pas intéressant, cependant, son faible coût d'achat et le fait que les sportifs puissent augmenter leurs stocks de glycogène au niveau musculaire et ainsi avoir plus de réserves énergétiques rapidement disponibles durant l'effort en font un bon produit dopant.

Les risques

Le risque majeur de l'utilisation d'insuline pour une personne ne souffrant pas de diabète est de provoquer une hypoglycémie pouvant aller jusqu'au coma et la mort si celle-ci est trop importante.

Inhibiteurs de l'aromatase

Intérêts et usages médicaux

Ces modulateurs vont inhiber la transformation de la testostérone en œstrogène. Ils sont utilisés dans le milieu médical pour traiter les cancers du sein et de l'ovaire chez la femme ménopausée.

Intérêts détournés

L'objectif chez les sportifs va être de pouvoir augmenter leur taux de testostérone via cette classe médicamenteuse. Cette testostérone va, de par son action naturelle, agir en augmentant la motivation du sportif. Elle va également agir en permettant une augmentation de la masse musculaire, de la force et de la résistance du sportif à la fatigue.

Les risques

Augmenter le taux naturel de testostérone chez le sportif n'est pas sans risque. En effet, on peut observer :

- De l'acné, éruption cutanée ;
- Des changements de la libido ou du désir sexuel ;
- Une chute des cheveux, une raréfaction des cheveux ou une calvitie ;
- Un comportement agressif ;
- Des douleurs articulaires ;
- Une diminution de la densité minérale osseuse ;
- Une douleur abdominale ;
- Des étourdissements ;
- Un gain de poids ;
- une hypertrophie de la prostate ;

- des maux de tête ;
- Des modifications de l'humeur ;
- Des perturbations du sommeil causées par des problèmes respiratoires (l'apnée du sommeil) ;

Modulateurs sélectifs des récepteurs aux œstrogènes (SERM)

Intérêts et usages médicaux

Comme leurs noms l'indiquent, ils vont venir moduler les récepteurs aux Œstrogènes et ainsi avoir les mêmes effets que ceux-ci sur les os et les vaisseaux sanguins. Au niveau du sein et de l'utérus ils auront, par contre, une action opposée.

On les utilisera surtout pour lutter contre l'ostéoporose tout en limitant la survenue de cancer du sein et de l'utérus.

Intérêts détournés et les risques

Idem Inhibiteurs Aromatase

Autres substances anti-oestrogénique

Intérêts et usages médicaux

- Clomifène : Il va agir comme antagoniste sur les récepteurs oestrogéniques et va alors supprimer l'effet de freinage des estrogènes ce qui provoque alors une stimulation de la sécrétion de FSH et de LH. On l'utilise dans le cas d'infertilité pour induire l'ovulation
- Fulvestrant : C'est un antagoniste compétitif des récepteurs à estrogènes. Il va bloquer les actions trophiques des estrogènes. On va l'utiliser dans la prise en charge de cancer du sein chez la femme ménopausée.

Intérêts détournés et les risques

Idem Inhibiteurs Aromatase

Agents modificateurs de la fonction de la myostatine

Intérêts et usages médicaux

La myostatine est un facteur de croissance qui va avoir une action négative au niveau du tissu musculaire. En effet, elle va, au niveau des cellules musculaires du muscle strié, limiter cette croissance musculaire.

Intérêts détournés

En inhibant la myostatine, le sportif va pouvoir permettre d'augmenter de façon significative le développement de la masse musculaire.

À ce jour, aucun inhibiteur de la myostatine n'a encore été jugé assez sûr pour pouvoir être commercialisé.

Modulateurs métaboliques : Agonistes du récepteur activé par les proliférateurs des peroxyssomes δ et activateurs de la protéine kinase activée par l'AMP

Intérêts et usages médicaux

Ces molécules vont avoir une action directe sur la transcription de très nombreux gènes notamment ceux responsables de la production d'énergie.

On peut donner l'exemple de l'Aicar® qui va activer l'AMPKinase, ce qui aura pour conséquence l'optimisation de l'utilisation du glucose et lipides et donc améliorer les capacités d'endurance.

Intérêts détournés et les risques

Il n'existe pour le moment aucune spécialité médicale mise sur le marché. Cependant au travers de recherche quelques sites internet proposent des spécialités non médicales contenant ce produit. D'après le chercheur Patrick Laure, les effets secondaires de ce produit peuvent être très graves¹⁰⁶. Ils vont « *de la toxicité cardiaque aux effets cutanés et, plus graves, à des tumeurs cérébrales, cardiaques ou du foie, avec de lourds problèmes hépatiques* ».

3.1.2.1.6. S5 Les diurétiques et les agents masquants

Intérêts et usages médicaux

Les diurétiques sont des médicaments qui sont utilisés pour favoriser l'excrétion rénale d'ions tels que sodium et potassium et avec de l'eau. Dans le domaine médical, ils seront utilisés pour traiter l'hypertension artérielle ou en association avec digitaliques et vasodilatateurs en cas d'insuffisance cardiaque dès que l'on aura une rétention hydrosodée.

Les produits masquants sont des produits qui vont accélérer ou retarder l'élimination de substances. Ils sont représentés par des produits comme l'albumine, le mannitol, etc.

Intérêts détournés

Les produits masquants seuls n'ont pas de réel intérêt dans le dopage. C'est leurs utilisations en association avec d'autres dopants qui va permettre de trouver un intérêt en permettant de modifier les résultats des analyses permettant aux sportifs d'obtenir des résultats faussement négatifs et modifier les paramètres hématologiques.

Les risques

Même si seul ils n'ont pas un intérêt dans le dopage, ils peuvent provoquer d'importants effets indésirables.

- Déshydratation ;
- Les problèmes rénaux ;
- les troubles du rythme cardiaque et l'hyperglycémie ;
- troubles musculaires et digestifs ;
- Hypotension.

3.1.2.2. Méthodes interdites en permanence (en et hors compétition)

3.1.2.2.1. M1 - Manipulation de sang ou de composants sanguins

Ici, on va directement chercher à modifier la composition sanguine avec l'utilisation de produits autologues, homologues ou encore hétérologues. L'objectif est d'obtenir une amélioration artificielle du transport, de la libération ou de la consommation de l'oxygène. On va également utiliser des produits qui sont initialement

¹⁰⁶ http://www.liberation.fr/sports/2013/07/17/l-aicar-peut-avoir-des-consequences-devastatrices_919086

prévus pour augmenter le nombre de polynucléaires neutrophiles (comme pour le Granocyte® utilisé chez le greffé de la moelle osseuse initialement).

3.1.2.2.2. M2 - Manipulation chimique et physique

L'objectif va être de tenter d'altérer l'intégrité et la validité des échantillons utiles pour le contrôle anti-dopage.

Cela comprend alors la substitution ou l'altération de l'échantillon d'urine, la cathétérisation avec perfusions intraveineuses.

3.1.2.2.3. M3 - Dopage génétique

Il consiste au transfert d'éléments génétiques ou de cellules ou de l'injection d'agents biologiques et/ou pharmacologiques qui viennent moduler l'expression de gènes. Le coût et la difficulté de procéder font que c'est une méthode de dopage encore assez peu développée et connue du grand public.

En 2006¹⁰⁷, un scandale éclata concernant le Repoxigen® qui permettait de favoriser la sécrétion d'EPO par l'organisme. Ce produit était prévu initialement pour les anémies sévères, mais son coût a fait que le laboratoire a stoppé son développement.

3.1.2.3. Substances interdites en compétition

3.1.2.3.1. S6 - Les stimulants

Ce sont des produits qui vont agir sur le système nerveux central et qui vont favoriser l'état de vigilance. On va alors pouvoir obtenir une amélioration de la concentration, de l'attention, une augmentation de la confiance en soi et enfin une diminution de la sensation de fatigue.

On va mettre dans cette catégorie : les amphétamines, la cocaïne, les bêta-sympathomimétiques, les dérivés de l'éphédrine et tous les apparentés à ces molécules que ce soit par les effets chimiques ou encore biologiques.

Les risques

- Hypertension artérielle ;
- Trouble du rythme cardiaque ;
- Modification du psychisme ;
- Effet d'accoutumance et de dépendance ;
- État de grande excitation ;
- Agressivité.

3.1.2.3.2. S7 - Les narcotiques

Intérêts et usages médicaux

On entend par narcotiques les opiacées et leurs dérivés ainsi que l'ensemble des analgésiques de synthèse. Dans le domaine médical, ils sont utilisés pour provoquer un relâchement musculaire et une diminution de la sensibilité et donc de diminuer de douleur et, pour le cas de la méthadone, pour sevrer les patients de la drogue.

¹⁰⁷ <http://www.dw.com/en/german-coach-suspected-of-genetic-doping/a-1890782>

Intérêts détournés

Au niveau du sportif, ils seront principalement et exclusivement utilisés pour repousser le seuil d'apparition de la douleur.

Les risques

- Dépendance physique et psychologique ;
- Accoutumance ;
- Dépression respiratoire ;
- Diminution du rythme cardiaque ;
- Diminution de la capacité de concentration ;
- Diminution de la capacité de coordination ;
- Trouble du comportement ;
- Excitation ;
- Agressivité.

3.1.2.3.3. S8 - Les cannabinoïdes

Les produits: cannabis, haschich, marijuana.

Le cannabis est encore, à ce jour, inscrit sur la liste des produits interdits en France.

Cependant, certains pays de l'Union Européenne (comme les Pays-Bas) autorisent sa commercialisation, c'est pourquoi l'Agence Mondiale Antidopage (AMA) ne considère que son utilisation n'est interdite qu'en compétition.

Étant donné que la demi-vie du cannabis est très longue (jusqu'à plusieurs semaines), cela va augmenter la possibilité d'avoir un contrôle positif. On dit qu'il est dopant puisque le Delta-9-tétrahydrocannabinol (THC) va avoir une action myorelaxante et antidouleur. De plus, il va permettre chez les sportifs de diminuer la sensation de stress et d'anxiété voir même jusqu'à provoquer une légère euphorie.

Les risques

- Troubles de la mémoire ;
- Baisse de la vigilance ;
- Baisse de la motivation ;
- Perte de la capacité d'apprentissage ;
- Accoutumance voir dépendance ;
- Effets pulmonaires ;
- Accroissement de la sensibilité de l'organisme aux maladies infectieuses ;
- Problèmes vasculaires graves.

3.1.2.3.4. S9 - Les Glucocorticoïdes

La cortisone est une hormone naturellement présente dans l'organisme. Elle est produite par les glandes surrénales (corticosurrénales).

Elle va agir :

- Sur la glycémie en augmentant la glycémie ;
- Sur le métabolisme des graisses et des protéines en provoquant un stockage des graisses et une diminution la masse musculaire ;
- Sur le système immunitaire en diminuant les réponses de l'organisme.

C'est notamment pour cette dernière raison que l'on va utiliser la cortisone lors des allergies pour réduire la réponse immunitaire de l'organisme à un allergène. C'est

également le plus puissant anti-inflammatoire utilisé. En réduisant l'inflammation, il va avoir un effet antalgique également fort.

Ils sont interdits en compétition, car les sportifs vont utiliser l'action anti-inflammatoire qui agira sur les microtraumatismes musculaires causés par l'effort et donc vont réduire la douleur. De plus, les corticoïdes sont reconnus pour leur action euphorisante. C'est cet effet qui va alors provoquer une surexcitation, stimuler la volonté et reculer le seuil de perception de la fatigue au cours de l'effort.

Les risques

- Fragilisation des tendons et des muscles (avec risque de rupture et de claquage) ;
- Fragilisation des os (fuite de calcium) : risque de fracture de fatigue ;
- Diminution des défenses immunitaires avec des risques d'infections diverses ;
- Rétention d'eau et de sodium avec risques d'œdème ;
- Troubles psychiques et agressivité.

3.1.2.4. Les substances interdites dans certains sports

3.1.2.4.1. P1 - L'alcool

L'intérêt que vont trouver certains sportifs avec la consommation d'alcool est qu'il va donner l'impression d'un effet anti-stress avec un sentiment de désinhibition.

L'alcool va être interdit en compétition seulement dans certains sports tels comme l'automobile, le motocyclisme, aéronautique, billard, karaté, ski, pentathlon. La limite qui sera autorisée sera de 0,10 g/litre de sang.

Les risques

- Dépression du système nerveux central ;
- Accoutumance et dépendance ;
- Détérioration des facultés psychomotrices ;
- Accélère la déshydratation ;
- Troubles de la mémoire ;
- Troubles de l'humeur (dépression) ;
- Troubles de l'anxiété ;
- Insomnie, une dépendance.

3.1.2.4.2. P2 - Les bêta-bloquants

Intérêts et usages médicaux

Ces médicaments agissent par antagonistes compétitifs des catécholamines au niveau des récepteurs bêta adrénergiques, notamment au niveau cardiaque ainsi qu'au niveau des vaisseaux et des bronches. Ils vont pouvoir agir sur la vasodilatation artérielle, sur la bronchodilatation, la relaxation utérine et au niveau du muscle squelettique par l'effet bêta 2. Via l'effet bêta 1 adrénergique, ils vont avoir un effet inotrope, dromotrope et bathmotrope positif.

Au niveau médical, ils seront utilisés pour :

- L'angor d'effort ;
- L'infarctus du myocarde ;
- Les troubles du rythme ;
- L'insuffisance cardiaque ;

- Hyperthyroïdie (ils s'opposent à l'effet potentialisateur des catécholamines par les hormones thyroïdiennes qui sont en excès) ;
- Migraines ;
- Tremblements ;
- Préventions des hémorragies digestives ;
- Glaucome.

Intérêts détournés

Ils sont utilisés dans certains sports pour limiter notamment les tremblements et limiter le stress (certains étudiants vont d'ailleurs avoir recours à ces produits lors des périodes d'examens). À moins d'indication contraire, les bêta-bloquants sont interdits en compétition seulement, dans les sports suivants :

- Aéronautique ;
- Automobile ;
- Billard ;
- Bobsleigh ;
- Gymnastique ;
- Tir ;
- Tir à l'arc ;
- Voile.

Les risques

- Troubles du rythme cardiaque ;
- Dépression psychique ;
- Impuissance sexuelle si utilisation répétée.

3.2. LE DOPAGE EN QUELQUES CHIFFRES

Le dopage n'est pas l'apanage d'un seul pays ou d'une seule discipline. Comme on peut le voir dans le graphique ci-dessous, le dopage concerne tous les pays et tous les sports (*figure 26*).

Ce graphique ne reflète que les cas avérés de dopage. En fonction des années et des scandales liés à la découverte de filière de dopage, il peut évoluer tous les ans du point de vue de la répartition (on se souviendra des scandales liés aux athlètes russes et allemands dans les années 80 et 90).

De même, aucun sport n'est épargné. Et ce sont les sports les plus ciblés par les contrôles antidopage qui se trouvent alors en tête du classement.

On pourra donner quelques exemples des plus gros scandales :

- 1988 : Le Canadien Ben Johnson qui parcourut le 100M en 9 secondes 79. Il fut contrôlé positif au stanozolol.
- 2002 : Lors de jeux d'hivers de Salt Lake City, les Russes Larissa Lazutina et Olga Danilova ainsi que l'espagnol Johann Mühlegg sont contrôlés positifs à l'EPO.
- 2003 : De nombreux sportifs donc Marion Jones, Dwain Chambers et Tim Montgomery en athlétisme, Barry Bonds, Gary Sheffield en Baseball, Bill Romanowski en Football américain sont condamnés pour avoir pris de la tétrahydrogestrinone du laboratoire Balco. Certains d'entre eux finiront en prison pour parjure.

- 2012 : Lance Armstrong est condamné pour s'être dopé entre 1999 et 2005. Dans cette énorme machinerie du dopage, de nombreuses techniques auront été utilisées par lui et ses équipes.

Malheureusement, chaque nouvelle grande compétition apporte son lot de nouveaux cas de dopage.

De plus les techniques s'affinant, certains sportifs peuvent être contrôlé positif à postériori de leurs exploits sportifs comme ce fût le cas avec Lance Armstrong.

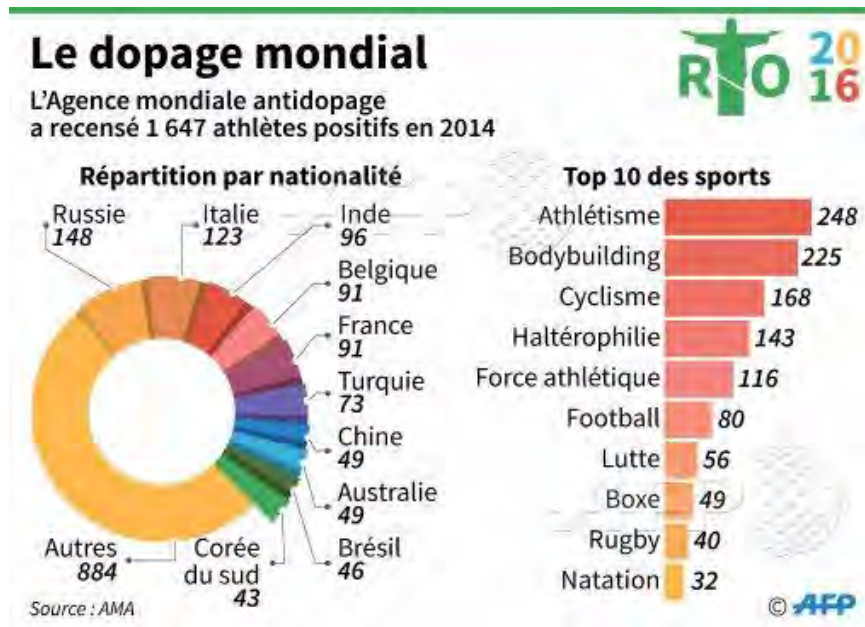


Figure 26: Graphique représentant le dopage mondial en 2014 en fonction du pays et du type de sport sur 1647 sportifs positifs aux tests¹⁰⁸

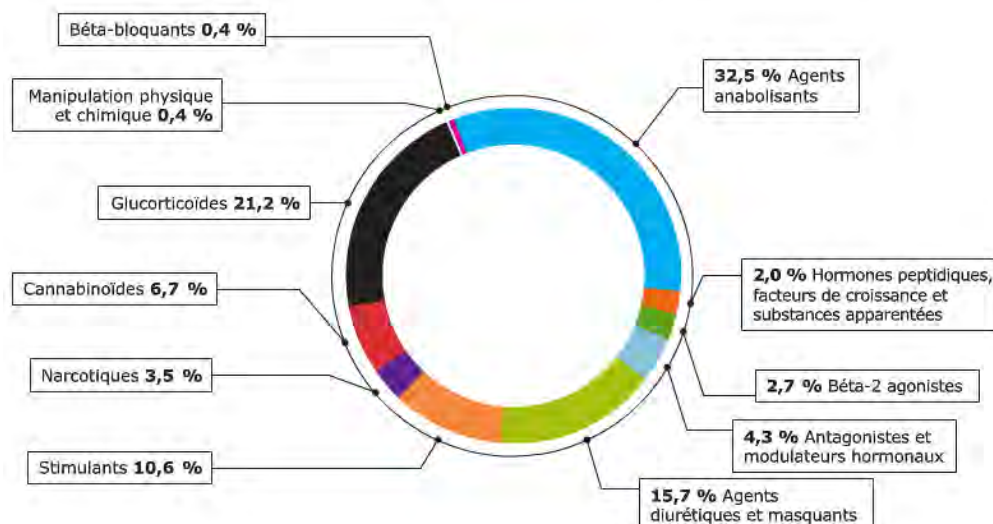


Figure 27 substances détectées en 2015 chez les sportifs (urines et sang)¹⁰⁸

108 <https://www.afid.fr/>

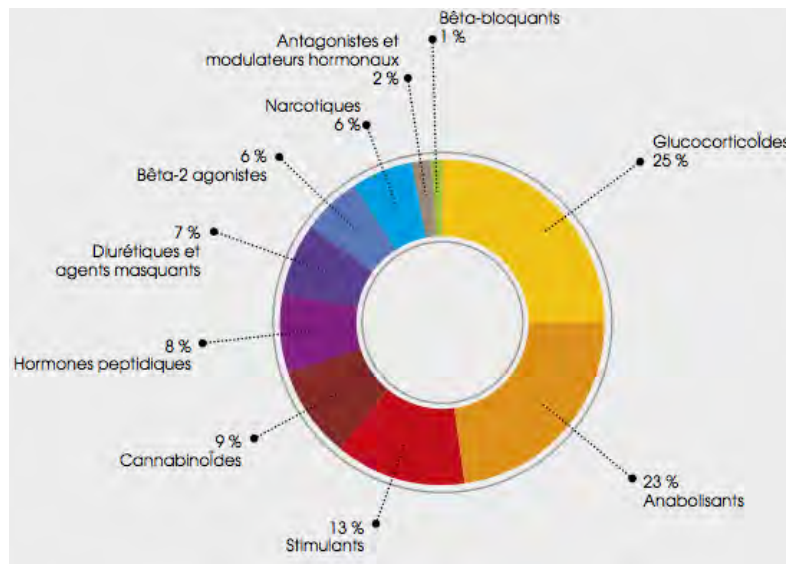


Figure 28 : Classes détectées en 2014 (Urine et Sang) AFLD 2014¹⁰⁸

On pourra noter que la répartition des produits dopants utilisés n'est que le dessus de l'iceberg puisqu'elle ne prend en compte que les cas avérés. De plus en fonction de l'année et surtout de la discipline et des besoins nécessaires pour améliorer ses performances la répartition des produits dopants peut évoluer (*figure 26 vs figure 27*).

Dans l'ensemble des disciplines, les méthodes de recherche de produits dopants se sont affinées et améliorées, tout comme le nombre de contrôles.

Et même si le dopage a souvent quelques tours d'avance, il est possible de pouvoir refaire des contrôles et des tests sur d'anciens échantillons à posteriori avec de nouvelles technologies et c'est comme cela que des athlètes, ayant pendant des années réussi à passer à travers les mailles du filet, peuvent se faire finalement épingler comme ce fut récemment le cas pour Lance Armstrong.

3.3. COMMENT LUTTER CONTRE LE DOPAGE A L'OFFICINE

3.3.1. LEGISLATION DU PHARMACIEN

Du fait de son expertise au niveau du médicament, sa connaissance du bon usage de ce dernier et la proximité avec les patients, le pharmacien a entièrement sa place dans la lutte contre le dopage à l'officine. Très récemment, les instances du monde pharmaceutique se sont intéressées au problème du dopage et ont alors officiellement défini plus précisément le rôle du pharmacien dans cette lutte.

Ainsi, selon l'article R4235-2 du Code de la Santé Publique¹⁰⁹ (CSP) la lutte contre le dopage est une tâche qui incombe au pharmacien. Elle devient alors une obligation déontologique. Cet article prévoit que le pharmacien devra être en mesure de « *contribuer à l'information et à l'éducation du public en matière sanitaire et sociale. Il contribue notamment à la lutte contre la toxicomanie, les maladies sexuellement transmissibles et le dopage* ».

De plus, le 3 juillet 2008 l'article L.232-10¹¹⁰ relatif à la « *lutte contre le trafic de produits dopants* » explique qu' « *il est interdit à toute personne de prescrire, administrer, appliquer, céder ou offrir aux sportifs, sans raison médicale dûment justifiée, une ou plusieurs substances ou méthodes mentionnées à l'article L.232-9, ou de faciliter leur utilisation ou d'inciter à leur usage* ».

Enfin, en 2013 l'Académie Nationale de Pharmacie¹¹¹ recommande aux pharmaciens d'être « *très vigilants lors de la délivrance de produits susceptibles d'être utilisés à des fins de dopage* » et d'être également « *très attentifs aux messages d'alerte fournis par leur ordinateur signalant la présence de molécules pouvant être utilisées pour leurs propriétés dopantes* ».

Désormais légalement, le pharmacien est le garant et est au centre de la lutte contre le dopage.

Cette lutte peut se faire sur le sportif professionnel, cependant pour ce genre de dopage, il existe des filières souvent alternatives qui permettent à ces sportifs et à leur staff médical de se fournir en produits dopants. Le rôle du pharmacien sera donc plus focalisé sur la lutte pour le grand public, pour les sportifs amateurs et semi-professionnels. Afin de faciliter cela, plusieurs instances ont mis tout un tas d'outils, sans doute mal connu des professionnels de santé, mais qui peuvent se révéler très utiles.

109

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006913652&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20070131>

110

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006071318&idArticle=LEGIARTI000006547628&dateTexte=&categorieLien=cid>

¹¹¹ http://www.acadpharm.org/dos_public/Recommandations_Dopage_VF_2013.02.14.pdf

3.3.2. OUTILS MIS A DISPOSITION DU PHARMACIEN

Afin de pouvoir aider le pharmacien dans cette lutte et de lui donner toutes les cartes possibles, de nombreux supports ont été mis en place.

3.3.2.1. Campagne institutionnelle du conseil de l'ordre des pharmaciens

En février 2016 le Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens (CNOP) associé au Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports ont lancé une campagne à destination du grand public via les pharmaciens avec des affiches et des leaflets permettant de sensibiliser, d'initier le dialogue et d'informer les professionnels de santé¹¹².

Les objectifs de cette campagne sont multiples :

- Informer sur le bon usage des produits en rappelant qu'il est nécessaire d'avoir une alimentation variée qui permet d'apporter 100% des apports nécessaires *via* le Programme National Nutrition Santé (PNNS). De même, il faudra rappeler la dangerosité et les risques pour la santé de l'achat de produits interdits en France et qui ne sont pas garantis sans danger.
- Prévenir le risque de dopage. En effet, les compléments alimentaires achetés hors réseaux de santé peuvent contenir des produits considérés comme produits dopants lors des contrôles.
- Prévention du dopage via les médicaments : Comme on a pu le voir précédemment, beaucoup de médicaments sont considérés comme produits dopants. Le pharmacien sera donc en première ligne pour alerter le sportif sur la présence de substances interdites par la réglementation.

¹¹² <http://lalettre.ordre.pharmacien.fr/accueil-lettre-64/Musclez-votre-conseil-aupres-des-sportifs>

SPORTIFS, PRÉSENTEZ-VOUS !

LES SPORTIFS SONT RESPONSABLES DE LEURS CONSOMMATIONS EN CAS DE CONTRÔLE (CODE MONDIAL ANTIDOPAGE).

- Vous devez donc vous assurer que les médicaments et/ou les compléments alimentaires que vous prenez ne comportent pas de substance interdite.
- Faites-vous connaître comme sportif auprès de votre pharmacien afin qu'il puisse vous apporter des conseils adaptés quant à la prise de médicaments et/ou de compléments alimentaires.

POUR EN SAVOIR PLUS

PROGRAMME NATIONAL NUTRITION SANTÉ :
<http://www.mangerbouger.fr/pns>

AGENCE FRANÇAISE DE LUTTE CONTRE LE DOPAGE :
<https://www.afld.fr/>

ANTENNE MÉDICALE DE PRÉVENTION DU DOPAGE (AMPD) DE LANGUEDOC ROUSSILLON :
Tel. : 04 47 33 22 73
<http://www.chu-montpellier.fr/fr/ampd>

COMITÉ NATIONAL OLYMPIQUE ET SPORTIF FRANÇAIS
<http://franceolympique.com/index.php>



NORME AFNOR NF V 94-001

La norme AFNOR NF V 94-001 a été publiée en 2012 pour permettre aux sportifs de connaître les compléments ou les denrées alimentaires ne contenant pas de substances dopantes.

En adoptant cette norme, les fabricants s'engagent à garantir la composition de leurs compléments alimentaires et l'absence de substances interdites pouvant conduire à un contrôle antidopage positif.

La mention NF V 94-001 sur l'emballage des produits permet d'identifier facilement les compléments alimentaires ou denrées alimentaires dépourvus de substances dopantes.

Source: AFNOR, AFNOR Certification, AFNOR Certification

AVIS AUX SPORTIFS !

LES COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES NE SONT PAS DES PRODUITS COMME LES AUTRES

POUR ÉVITER LE RISQUE DE DOPAGE ACCIDENTEL, PARLEZ-EN AVEC VOTRE PHARMACIEN

BESOINS NUTRITIONNELS DU SPORTIF

LA NUTRITION EST UN ÉLÉMENT ESSENTIEL DE LA RÉUSSITE SPORTIVE.



- L'alimentation doit être équilibrée et variée. Dans la majorité des cas, une alimentation équilibrée et variée par les aliments courants permet d'apporter l'essentiel des nutriments nécessaires pour couvrir les besoins d'un sportif en bonne santé.
- Dans certaines situations particulières (pratique de certains sports, dépense énergétique très importante, environnements climatiques extrêmes...), un apport supplémentaire en vitamines, minéraux et autres nutriments par des compléments alimentaires peut être utile.

Dans ce cas, il est important de s'adresser à un professionnel de santé spécialisé en nutrition du sportif qui évaluera les besoins nutritionnels et proposera un conseil adapté.



QU'EST-CE QU'UN COMPLÉMENT ALIMENTAIRE ?

Les compléments alimentaires sont définis comme des denrées alimentaires dont le but est de compléter un régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments (minéraux et/ou vitamines) ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique. Ils peuvent contenir des plantes ou extraits de plantes.

Ils se présentent sous la forme de comprimés, gélules, pastilles, sachets de poudre, ampoules...

Les compléments alimentaires autorisés en France doivent porter sur l'emballage la mention « complément alimentaire », le nom des nutriments ou substances qu'ils contiennent et la dose journalière recommandée.

Si l'usage de compléments alimentaires est justifié dans certaines situations, leur consommation peut également présenter des risques :



RISQUE POUR LA SANTÉ

En cas de consommation inadaptée ou trop importante, d'association avec d'autres compléments alimentaires ou avec certains médicaments.

- ① Demandez conseil à votre pharmacien ou votre médecin pour toute prise de compléments alimentaires et/ou de médicaments.

En cas de contamination du complément alimentaire par des substances nocives.

- ② Vérifier que les compléments alimentaires sont autorisés en France.



RISQUE DE DOPAGE ACCIDENTEL

Lié à la présence de substances dopantes pouvant conduire à un contrôle antidopage positif et des sanctions même chez un sportif de bonne foi.

- ③ N'achetez pas de compléments alimentaires sur Internet sans garanties du fabricant.
- ④ Privilégiez les compléments alimentaires bénéficiant de la norme AFNOR NF V94-001 garantissant l'absence de substances dopantes.

EN PRATIQUE

- ✓ Prenez conseil auprès d'un professionnel de santé pour vos besoins nutritionnels.
- ✓ N'achetez pas de compléments alimentaires non autorisés en France ou sur internet sans garanties du fabricant. Privilégiez les compléments alimentaires bénéficiant de la norme AFNOR NF V94-001.
- ✓ Évitez les prises prolongées, répétées ou multiples au cours de l'année de compléments alimentaires sans vous entourer des conseils d'un professionnel de santé.
- ✓ Signalez à votre pharmacien ou votre médecin tout effet indésirable survenant suite à la consommation d'un complément alimentaire.
- ✓ Ne vous laissez pas enfermer dans une pratique sportive qui vous isole de vos proches.

DEMANDEZ CONSEIL À VOTRE PHARMACIEN OU VOTRE MÉDECIN POUR TOUTE PRISE DE COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES ET/OU DE MÉDICAMENTS

Figure 29 Leaflets du Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens - 2016¹¹³

¹¹³ <http://www.ordre.pharmacien.fr/>

3.3.2.2. Sites internet informatifs

Nous sommes dans l'air du numérique. C'est pourquoi les autorités ont mis en place en plus de leurs campagnes de prévention institutionnelle sur le terrain, des campagnes de prévention via internet en utilisant différents sites afin de toucher le plus grand nombre. Le gouvernement a donc tout naturellement dédié une page entière sur la prévention du dopage.

Ce site contenant des onglets permettant à chaque personne, qu'elle soit sportive, entraîneur ou encore professionnel de santé de trouver le contenu nécessaire et adapté à ses besoins et connaissances.

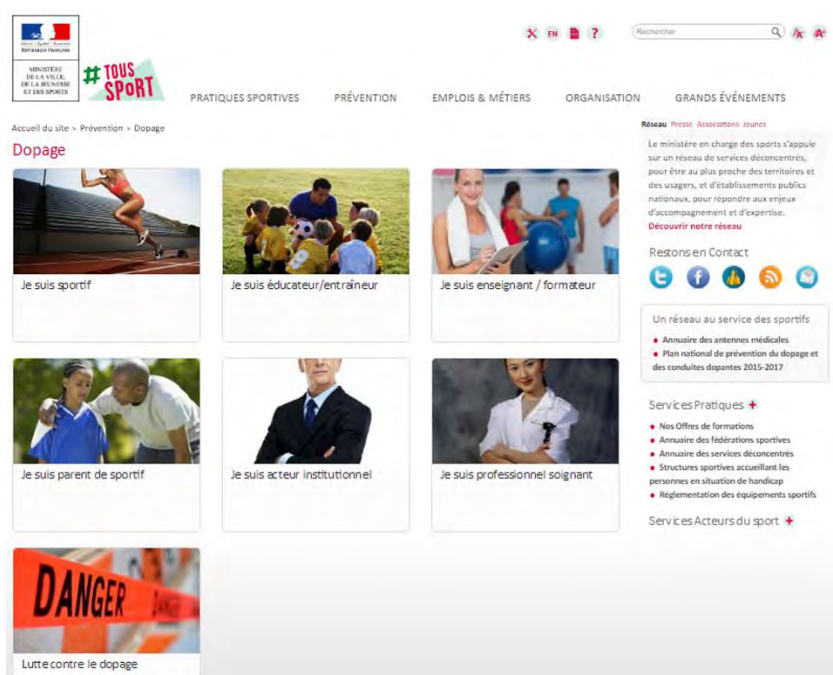


Figure 30 site institutionnel du gouvernement pour la lutte contre le dopage¹¹⁴

L'Agence Française de Lutte contre de Dopage (AFLD) a également une partie de son site destinée au grand public et aux sportifs.

Les fédérations officielles de sports qui sont en contact direct avec les sportifs vont pouvoir également avoir leur rôle pour la lutte contre de dopage. Ainsi, sur leurs sites, elles vont pouvoir rediriger directement vers les sites institutionnels. Ces sites permettent également une vulgarisation le discours envers les sportifs.

¹¹⁴ <http://www.sports.gouv.fr/prevention/dopage/>

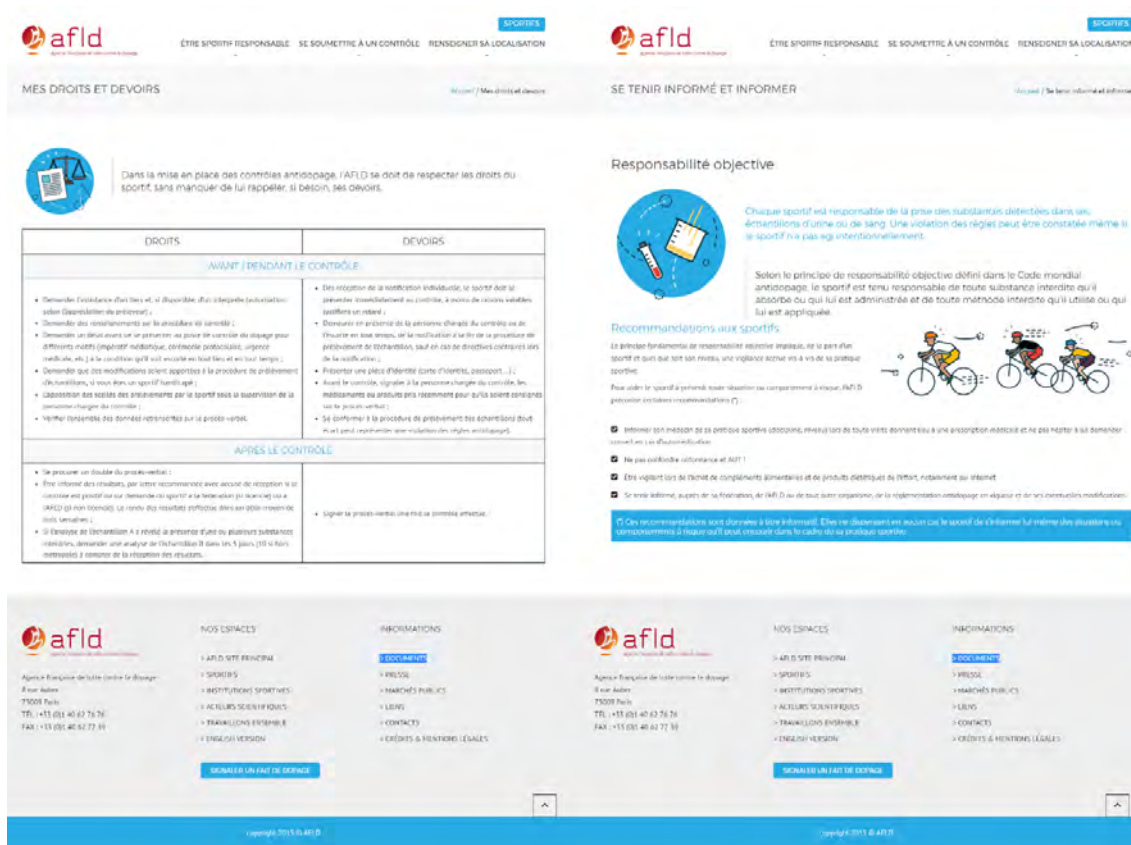


Figure 31 Recommandations de L'AFLD¹¹⁵

3.3.2.3. Applications pour Smartphone

Le monde du 2.0 va même évoluer jusqu'à la création d'une application officielle faite par l'Agence Française de Lutte contre le Dopage (AFLD), la Direction Régionale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale de Bretagne (DRJSCS) et le Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports. Pour la trouver sur l'Android-store, le Google-store ou l'Apple-store il suffit de taper « Antidopage » dans la barre de recherche et c'est la première application qui apparaît.

¹¹⁵ <https://www.afl.fr/>

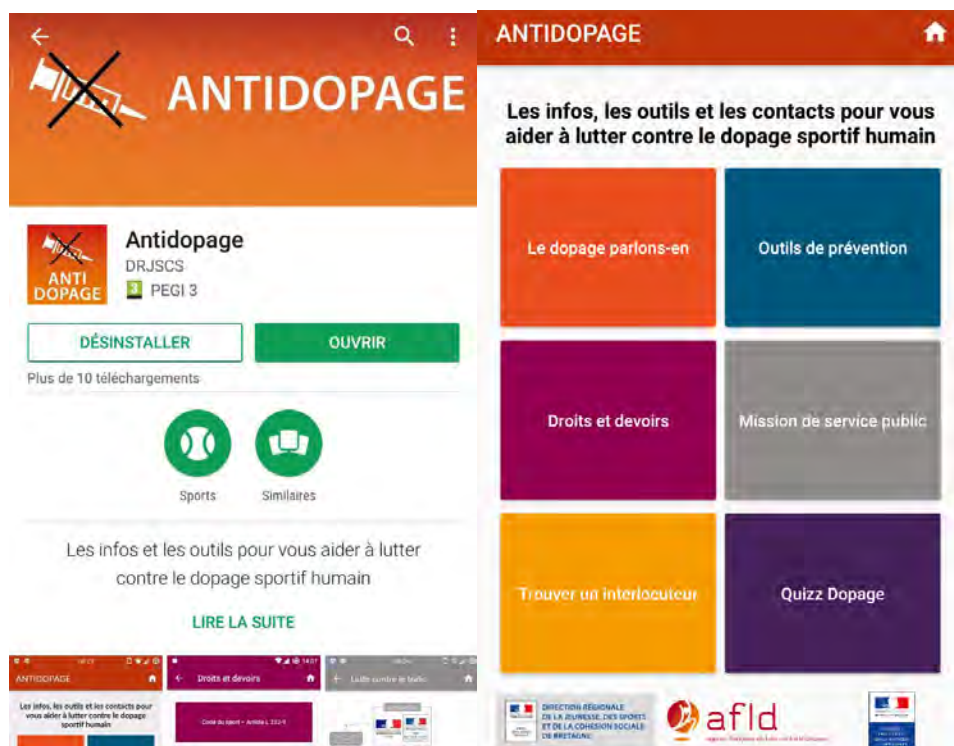


Figure 32 Scan-écran de l'application

3.3.2.4. Le Dossier Pharmaceutique (DP)

Le dossier pharmaceutique mis en place par la loi du 30 Janvier 2007 par le biais du Conseil de l'Ordre grâce aux cotisations de l'ensemble des pharmaciens d'officine.

D'après le Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens (CNOP) :

« Le DP contribue à sécuriser la dispensation des médicaments en permettant d'éviter les risques d'interactions entre médicaments et les traitements redondants. Il aide le pharmacien à agir efficacement contre la iatrogènes médicamenteuse. En effet, le Dossier Pharmaceutique permet aux pharmaciens de consulter l'historique des médicaments qui vous ont été dispensés au cours des 4 derniers mois (au cours des 3 dernières années pour les médicaments biologiques (substances produites à partir de cellules ou d'organismes vivants ou dérivées de ceux-ci) et au cours des 21 dernières années pour les vaccins) »¹¹⁶.

Ainsi, avec l'aide du DP lorsque le patient donne son accord, cela permet d'avoir une bonne visibilité des produits qui ont pu lui être délivrés.

Du coup, cela permet d'avoir un meilleur suivi des patients (sportif ou non) et de pouvoir prendre en compte les antécédents médicamenteux sur les 4 derniers mois.

¹¹⁶ <http://www.ordre.pharmacien.fr/Le-Dossier-Pharmaceutique/Qu-est-ce-que-le-DP>

3.3.2.5. La formation au DPC

Le Développement Professionnel Continu (DPC) est un dispositif de formation instauré en 2009 par la loi Hôpital, Patients, Santé et Territoire (HPST). Cette partie de la loi est entrée en vigueur depuis le 1^{er} Janvier 2013 et est dédiée aux professionnels de santé travaillant en France. Cette législation impose à chaque professionnel de santé de suivre un parcours de DPC tous les 3 ans.

L'objectif de ce DPC est de permettre au professionnel d'être acteur de sa formation en :

- Évaluant et améliorant les pratiques professionnelles et la gestion des risques ;
- Actualisant les connaissances et les compétences ;
- Prenant en compte les priorités de santé publique.

La formation DPC peut être faite par plusieurs organismes (Ospharm, qualipharm...), mais elles seront toutes réalisées sous l'égide de l'agence Nationale du DPC¹¹⁷. Pour ce qui est du dopage chez le sportif et de la prise en charge du sportif via « *Nutrition et Micro-nutrition du sportif* »

3.3.2.6. Création d'une norme de sécurité pour les compléments alimentaires

Le Groupe de Résonance magnétique nucléaire biomédicale du laboratoire mixte Université Paul-Sabatier/ CNRS-SPCMIB (Toulouse) a pu tester plus de 100 compléments alimentaires (on rappelle qu'un complément alimentaire est un produit totalement inactif). Sur les produits testés, 50 à 70 % des compléments alimentaires testés contiennent des principes actifs pharmaceutiques. Ils ont pu notamment retrouver dans les compléments dits amaigrissants des amphétamines ou des laxatifs, dans les produits qui ont pour but d'augmenter la masse musculaire des hormones stéroïdiennes androgènes comme la testostérone.

Ainsi, pour rendre les compléments alimentaires plus sûrs, le 12 juin 2012 l'Agence Française de Normalisation (AFNOR) connue notamment pour la norme ISO 9001, à lancer la norme NF 94-001.

Cette norme a été instaurée en association avec le Ministère chargé des Sports et l'ensemble des parties prenantes (industriels, fédérations sportives, administrations).

Cette norme permet de prouver l'absence de substances dopantes dans le complément alimentaire.



¹¹⁷ <https://www.agencedpc.fr>

3.3.3. CONDUITE A TENIR

3.3.3.1. Recevoir un patient à l'officine

Tout d'abord lorsqu'il s'agit d'un patient qu'on ne connaît pas et dont on n'a aucun historique ou un patient régulier de la pharmacie il va le recevoir de manière méthodique.

Pour pouvoir recevoir et prendre en charge au mieux le patient on va utiliser la démarche qualité ACROPOLE¹¹⁸ :

ACCUEILLIR

- *disposer de postes d'accueil adaptés permettant un échange ouvert ;*
- *porter un badge ;*
- *privilégier le sourire pour une prise en charge chaleureuse et professionnelle*
- *se rendre disponible.*

COLLECTER

- *écouter : laisser le temps au demandeur de s'exprimer ;*
- *échanger avec empathie, tact, neutralité et compassion.*

RECHERCHER

- *en privilégiant les questions ouvertes (ex. : « que vous arrive-t-il ? Comment l'expliquez-vous ? ») ;*
- *en utilisant des questions fermées : pour compléter (ex. : « est-ce bien pour vous ? Êtes-vous allergique ? Prenez-vous d'autres médicaments ? ») ;*
- *en consultant le Dossier Pharmaceutique (DP) du patient, s'il en possède un et avec son accord. Sa consultation vous permet d'analyser l'historique médicamenteux et d'éviter ainsi contre-indications, interactions, surdosages et redondances éventuelles.*

ORDONNER

- *par une reformulation concise des propos du patient ;*
- *en vous assurant de son approbation.*

PRÉCONISER en fonction des informations recueillies :

- *prise en charge à l'officine (réconfort, réponse médicamenteuse...) ;*
- *orientation extérieure si le problème dépasse les compétences du pharmacien.*

OPTIMISER

- *expliquer les raisons de la décision prise et de sa bonne compréhension ; • dispenser les conseils hygiéno-diététiques.*

LIBELLER développer un plan de prise et rédiger une fiche RePo (résumé écrit des préconisations officinales).

ENTÉRINER

- *s'assurer de la bonne compréhension du patient et de l'absence de questions de sa part (ex. : « mes explications ont-elles été assez claires ? Avez-vous d'autres questions ? ») ;*
- *avant de prendre congé, rappeler que, si les symptômes persistent, il faut consulter un médecin.*

L'intérêt de cette méthode de travail est qu'elle va permettre d'aller à la recherche des informations afin de pouvoir au mieux répondre aux besoins du patient.

¹¹⁸ <http://www.ordre.pharmacien.fr/content/download/123254/644133/version/1/file/J25-Dossier-AutomedicationPatientsConduiteAccompagnée.pdf>

3.3.3.2. Recevoir un sportif à l'officine

3.3.3.2.1. **Identifier le sportif :**

La première chose est qu'il faudra identifier le sportif.

Il faudra réussir par l'identifier par le biais des premières étapes de l'ACROPOLE. Une fois identifié il faudra être vigilant sur la problématique du dopage lors de la délivrance d'un médicament ou d'un complément alimentaire.

Lors de l'étape de RECHERCHER, il faudra questionner la personne sur le contexte de la demande (pour qui ? Celui-ci est-il souhaité en prévision d'une manifestation ou d'une compétition sportive ? Dans le cadre d'une pratique sportive régulière ?).

3.3.3.2.2. **Traitements médicamenteux :**

Avec l'aide du Dossier Pharmaceutique et de la liste des produits dopants, il sera plus aisé de pouvoir suivre le patient et de le tenir informé de la présence ou non de produits classés dans les produits dopants sur son ordonnance et dans son traitement.

On fera également attention lors du conseil à la délivrance de produits dits Over The Counter (OTC) qui pourraient contenir des produits classés dopants, comme ce peut être le cas des spécialités traitant le Rhume et contenant de la betaméthasone, ou de la pseudoéphédrine. Pour ces produits, essayer, autant que faire se peut, de proposer des produits naturels en phytothérapie ou en aromathérapie. Si toutefois une médication allopathique est nécessaire, il est possible pour le sportif, qui reste un patient comme un autre, de pouvoir faire une demande d'Autorisation d'Utilisation Temporaire (AUT).

3.3.3.2.3. **Les Autorisations d'Utilisation Temporaire :**

Cette AUT ne sera délivrée que sous certaines conditions définies par le décret n° 2005-267 du 21 mars 2005¹¹⁹ : « *Le sportif subirait un préjudice de santé significatif si la substance ou la méthode interdite n'était pas administrée dans le cadre de la prise en charge d'un état pathologique aigu ou chronique.* »

S'il n'existe pas d'alternative thérapeutique autorisée et s'il n'y a pas d'amélioration de la performance au-delà d'un retour à un état de santé «normal». Cette AUT est accordée par l'AFLD.

Le formulaire est à remplir par le sportif et le médecin de son choix et à télécharger via le site de l'AFLD¹²⁰. Les données médicales du sportif sont, comme celles de tout le monde, confidentielles et ne demeurent qu'au sein de l'AFLD. En cas d'Hypertension artérielle chronique, de pathologies asthmatiformes ou de pathologies tendineuses, des documents supplémentaires peuvent être demandés.

¹¹⁹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000822142&categorieLien=cid>
Annexe standard pour l'autorisation d'usage à des fins thérapeutique

¹²⁰ <https://sportifs.aflld.fr/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/Formulaire-AUT-AFLD.pdf>

3.3.3.2.4. Les compléments alimentaires :

Comme nous l'avons vu précédemment les compléments alimentaires ont une efficacité somme toute relative. Dans tous les cas, il faudra rappeler que dans la majorité des cas, une alimentation variée et équilibrée permet d'apporter l'essentiel des nutriments nécessaires pour couvrir les besoins d'un sportif en bonne santé.

Cette alimentation pourra être amenée à être modifiée en fonction des besoins (comme vu précédemment), mais ne nécessitera pas toujours une consommation de compléments alimentaires et encore moins de surconsommation non contrôlée ni encadrée.

On pourra lui remettre des brochures détaillant les recommandations du Programme National Nutrition Santé (PNNS). De plus, il faudra bien insister sur la nécessité d'utiliser des compléments alimentaires possédant la norme AFNOR NF V94-001, achetés dans un circuit de délivrance sûr (faire attention aux achats sur internet) permettant ainsi d'utiliser des compléments alimentaires n'ayant que leur rôle, c'est-à-dire visant à compléter l'alimentation et ne provoquant pas de risque de contrôle positif en cas de test anti-dopage.

De même, il faudra faire attention entre les boissons énergétiques et les boissons énergisantes. En effet même si la caféine n'est plus depuis 2008 considérée comme un produit dopant ces boissons peuvent représenter un réel danger pour les sportifs (*cf.* 1.3.4).

En cas de demande de conseil de la part du patient, il faudra que le pharmacien puisse être en mesure de lui proposer des solutions alternatives avec une possibilité de suivi (*via* la phytothérapie, l'aromathérapie, l'homéopathie et les compléments alimentaires agréés).

CONCLUSION

Comme nous avons pu le voir durant cette thèse, aujourd'hui le rôle du pharmacien au sein de la prise en charge du sportif est devenu central.

Le pharmacien ne va plus être là que pour soigner les blessures du sportif, mais il va pouvoir prendre une place importante dans toute la préparation du sportif. Il va participer à la prévention de ces blessures en conseillant le patient sur son alimentation notamment.

Cette prise en charge est la base de la lutte contre le dopage. En effet, un sportif qui peut avoir une écoute de la part d'un professionnel de santé sera un sportif qui pourra poser ces questions à celui-ci. Cette relation permettra au pharmacien de pouvoir mieux orienter la médication et de pouvoir limiter le risque de dopage.

Le sport étant devenu un élément de plus en plus présent dans la vie quotidienne des Français, j'ai trouvé le fait de faire cette thèse très enrichissant. J'ai pu rapidement mettre en application ce que j'ai appris au sein de l'officine en prenant en charge des sportifs amateurs et semi-professionnels. Sur une période de 6 mois, j'ai pu lier un contact privilégié avec eux et j'ai pu participer à leur évolution sportive.

L'objectif de cette thèse est de pouvoir fournir un support aux pharmaciens d'officine souhaitant se positionner sur la prise en charge du sportif à l'officine et optimiser celle-ci.

Pour certains, la thèse une formalité parfois pénible pour devenir docteur, pour ma part, en choisissant un sujet qui m'a vraiment intéressé, elle a été d'un grand enrichissement personnel et je l'ai plus vu comme une méthode pour améliorer mes connaissances qu'une contrainte. Et même si celle-ci ne révolutionne pas le monde de l'officine, j'espère qu'elle sera utile pour tout pharmacien souhaitant améliorer son savoir pour la prise en charge du sportif à l'officine.

ANNEXES

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Répartition des runners par tranche d'âge en 2014.....	7
Figure 2 : Schéma d'un muscle strié	11
Figure 3 : Ultrastructure d'une myofibrille.	12
Figure 4 : Contraction du muscle par l'action de la myosine et de l'actine	15
Figure 5 : Hydrolyse d'une molécule d'Adénosine TriPhosphate	17
Figure 6 : Voie métabolique anaérobie alactique.....	17
Figure 7 : Schéma de la glycolyse.....	19
Figure 8:Transfert de l'acide gras dans la mitochondrie.....	20
Figure 9:Cycle de Krebs	20
Figure 10:Différentes voies de production d'ATP de l'organisme	21
Figure 11 Dette en oxygène	22
Figure 12: Schéma représentant la régénération de l'ATP en fonction de la dépense en O ₂ et du temps	22
Figure 13:Glucides et production d'ATP	24
Figure 14:Rôles de l'insuline dans l'organisme	25
Figure 15: Différences entre index glycémique bas et élevé sur la glycémie	27
Figure 16 : Biosynthèses à partir du cholestérol.....	30
Figure 17: Évaluer l'hydratation en fonction de la couleur des urines ⁵⁰	52
Figure 18 : Pertes quotidiennes en eau chez l'adulte	54
Figure 19:Parcours de l'eau : de l'ingestion jusqu'aux cellules.....	54
Figure 20:Excrétion rénale de l'eau et formation de l'urine	55
Figure 21:Loi de Weigert.....	63
Figure 22 : La citrulline	74
Figure 23 Motoneurone Alpha dans la contraction	84
Figure 24 : Arbre décisionnel Donjoy.....	93
Figure 25: Physiologie du tendon	96
Figure 26: Graphique représentant le dopage mondial en 2014 en fonction du pays et du type de sport sur 1647 sportifs positifs aux tests	118
Figure 27 substances détectées en 2015 chez les sportifs (urines et sang) ¹⁰⁸	118
Figure 28 : Classes détectées en 2014 (Urine et Sang) AFLD 2014 ¹⁰⁸	119
Figure 29 Leaflets du Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens - 2016	122
Figure 30 site institutionnel du gouvernement pour la lutte contre le dopage	123
Figure 31 Recommandations de L'AFLD	124
Figure 32 Scan-écran de l'application	125

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Bilan sur les fibres musculaires.	14
Tableau II : Calculs de la dépense énergétique basale selon les équations de Schofield ⁷	16
Tableau III : Niveaux de Charges Glycémiques	28
Tableau IV : Classement des acides gras saturés	32
Tableau V : Classement des acides gras saturés ²⁷	33
Tableau VI : Composition des huiles en acides gras	34
Tableau VII : Rôles des acides aminés essentiels	38
Tableau VIII : Rôles des acides aminés semi-essentiels	39
Tableau IX : Rôles des acides aminés non essentiels ⁴⁷	40
Tableau X : Classements des aliments par valeur biologique	42
Tableau XI : Apport protéique en fonction de l'activité	42
Tableau XII : Rôles des vitamines liposolubles ⁵⁰	44
Tableau XIII : Rôles des vitamines hydrosolubles ⁵⁰	45
Tableau XIV : Rôles des minéraux dans l'organisme ⁵¹	47
Tableau XV Rôles des Oligo-éléments dans l'organisme ⁵¹	50
Tableau XVI : Composition des eaux de grandes marques	55
Tableau XVII : Déshydratation et performances physiques	56
Tableau XVIII: Apport hydrique et en sel en fonction de la durée de l'effort ⁵⁰	57
Tableau XIX : Les différentes boissons du sportif ⁵⁰	58

ABREVIATIONS

AA : Acide arachidonique
AAE : Acides aminés essentiels
Acyl-CoA : Acyl Coenzyme A
ADN : Acide désoxyribonucléique
ADN : Adénosine Di-Phosphate
AET : Apport énergétique total
AFLD : Agence Française de Lutte contre le Dopage
AFNOR : Agence française de normalisation
AINS : Anti-inflammatoire non stéroïdiens
AL : Acide linoléique
ALA : Acide α -linoléique
ALCAR : Acétyl-L-Carnitine
AMA : Agence mondiale antidopage
AMP : Adénosine MonoPhosphate
AMPc : Adénosine Monophosphate cyclique
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
ASG : Acides gras saturés
ASS : arginosuccinate synthétase
ATP : Adénosine TriPhosphate
AUT : Autorisation d'utilisation temporaire
BCAA : Acides aminés ramifiés ou Branched chain amino acids
BDA : British Dietetic Association
 Ca^{2+} : Ion calcium
CAT1 : Carnitine Acyl-Transférase 1
CAT2 : Carnitine Acyl-Transférase 2
CG : Charge glycémique
CIO : Comité International Olympique
CLA : Acide linoléique conjugué
CNOP : Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens
 CO_2 : Dioxyde de carbone
CoA-SH : Co-enzyme A synthétase
CrP : Créatine Phosphate
CSP : Code de la santé publique
DHA : Acide docosahexaénoïque
DMLA : Dégénérescence maculaire liée à l'Age
DP : Dossier Pharmaceutique
DPC : Développement Professionnel Continu
EFSA : European Food Safety Authority
EPA : Acide éicosapentaénoïque
EPO : Erythropoïétine
FSH : Folliculotropine
 H_2O : eau
HDL : Lipoprotéine haute densité
HGH : Hormone de croissance
HMG : Gonadotrophine chorionique humaine
HPST : Loi Hôpital, Patients, Santé et Territoire
IG : Index glycémique

Kcal : Kilo calorie
LCLT : L-Carnitine-L-Tartrate
LDL : Lipoprotéine basse densité
LH : Lutéotropine
LPL : Lipoprotéine lipase
LT : Leucotriène
NaCl : Chlorure de sodium – sel
NO : Monoxyde d'azote
O₂ : Dioxygène
OTC : Devant le comptoir – antiOver the counter
OTC : Ornithine carbamoyl transferase
PDE : Phosphodiésterase
PG : Prostaglandine
Pi : Phosphate
PLC, GPLC : Glycine Propionyl-L-Carnitine
PLFSS : Plan de Financement de la Sécurité Sociale
PNNS : Programme National de Nutrition Santé
PPAR γ : Récepteur activé par les proliférateurs de peroxysomes gamma
RDM : Régime dissocié modifié
SERM : Modulateurs sélectifs des récepteurs aux œstrogènes
THC : Delta-9-tétrahydrocannabinol
VO₂ : Volume d'Oxygène maximum
WPC : Whey Protein Concentrate
WPH : Whey Protein Hydrolysate
WPI : Whey Protein Isolate

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Enquête épidémiologique ObEpi - Roche 2009
- [2]. FFA, statistiques et usages de la course à pied, février 2015
- [3]. <http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/cellule-musculaire-2.html>
- [4]. http://www.corpshumain.ca/images/Muscle_myofibrille_fr.jpg
- [5]. Méthodes de musculation. Planification et intérêt dans la pratique sportive
Philippe Connes (MCU) Université des Antilles et de la Guyane
- [6]. <https://lesbenzodiazepinesdanslorganisme.files.wordpress.com/2015/01/sans-titre-16.jpg>.
- [7]. Hum Nutr Clin Nutr. 1985;39 Suppl 1:5-41.Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work.Schofield WN.
- [8]. http://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/section_23/7129ad4acf8ba59772ab4d1faac5783f.jpg
- [9]. https://media.camptocamp.org/c2corg_active/1303571774_432923532Bl.png
- [10]. <http://www.cours-pharmacie.com/biochimie/metabolisme-des-glucides.html>
- [11]. Capture d'écran : <https://www.youtube.com/watch?v=WX8sLclDyvw>
- [12]. www.cycledekrebs.fr
- [13]. Physiologie du muscle 1 ère Année médecine-Faculté de médecine De Constantine Université 3 Constantine
- [14]. <http://hockey56.chez.com/noframe/init04.html>
- [15]. <http://svtmarcq.e-monsite.com/pages/le-metabolisme-des-cellules-musculaires-spe.html>
- [16]. https://planet-vie.ens.fr/sites/default/files/fig4_5.gif
- [17]. http://www.memobio.fr/html/enseig/ens_bi_diab.html
- [18]. Crapo, P.A., Reaven, G. & Olefsky, J. (1977) Postprandial plasma glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. Diabetes 26: 1178-1183.
- [19]. Spaethe, R., Brinck, U.C., Sabin, J., Wubbens, K. & Otto, H. (1972) Exchange of carbohydrates, following the principle of biological equivalents, in the diabetic diet. Journ Annu Diabetol Hotel Dieu 13: 253-259.
- [20]. Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S. & Taylor, H.T. (1981) Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Am J Clin Nutr 34: 362-366.
- [21]. Jenkins D.J.A., Wolever, T.M.S., Collier, G.R., Ocana, A., Venketeshwer, R.A., Buckley, G., Lam, Y., Mayer, A Thompson, L; (1987) Metabolic effects of low glycemic diet. Am. J Clin Nutr 46: 968-975.
- [22]. Jenkins, D.J.A., Wolever, T.W.S. & Buckley, G. (1988) Low-glycemic-index starchy foods in the diabetic diet. Am J Clin Nutr 48: 248-254.
- [23]. Am J Clin Nutr. 1981 Mar;34(3):362-6.Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV.
- [24]. Wolever TM1, Miller JB. Am J Clin Nutr. 1995 Jul;62(1 Suppl):212S-221S; discussion 221S-227S.Sugars and blood glucose control.
- [25]. www.fit-innov.com
- [26]. Consequences of irregular versus continuous medical follow-up in children and adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus.Jacobson AM, Hauser ST, Willett J, Wolfsdorf JL, Herman L.J Pediatr. 1997 Nov;131(5):727-33.

- [27]. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. Salmerón J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willett WC. *Diabetes Care*. 1997 Apr;20(4):545-50.
- [28]. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. Salmerón J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. *JAMA*. 1997 Feb 12;277(6):472-7.
- [29]. <http://www.thierrysouccar.com/sante/info/quest-ce-que-la-charge-glycemique-747>
- [30]. <https://s3.amazonaws.com/classconnection/398/flashcards/8832398/jpg/picture6-14FEBFDF06A11B2A341.jpg>
- [31]. Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Rimm E, Colditz GA, Rosner BA, Hennekens CH, Willett WC. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N Engl J Med*. 1997 Nov 20;337(21):1491-9
- [32]. Synthèse cours de nutrition du sportif Showacademy 2017
- [33]. http://iterg.com/spip.php?page=itergCont&id_rubrique=26&id_article=39
- [34]. <https://www.anses.fr/fr/content/les-acides-gras-om%C3%A9ga-3>
- [35]. *Altern Med Rev*. 2007 Sep;12(3):207-27. Omega-3 DHA and EPA for cognition, behavior, and mood: clinical findings and structural-functional synergies with cell membrane phospholipids. Kidd PM.
- [36]. Chong EW. & al.: Dietary omega-3 fatty acid and fish intake in the primary prevention of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. *Arch Ophthalmol*. 2008 Jun;126(6):826-33.
- [37]. Swenor BK. & al.: The Impact of Fish and Shellfish Consumption on Age-Related Macular Degeneration. *Ophthalmology*. 2010 Dec;117(12):2395-401
- [38]. Merle B. & al.: Dietary omega-3 Fatty acids and the risk for age-related maculopathy: the alienor study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Jul 29;52(8):6004-11. Print 2011 Aug.
- [39]. Christen WG. & al.: Dietary {omega}-3 Fatty Acid and Fish Intake and Incident Age-Related Macular Degeneration in Women. *Arch Ophthalmol*. 2011 Mar 14.
- [40]. Kishan AU. & al.: Lipids and Age-Related Macular Degeneration. *Surv Ophthalmol*. 2011 Mar 24.
- [41]. Simon E. & al.: Decreasing dietary linoleic acid promotes long chain omega-3 fatty acid incorporation into rat retina and modifies gene expression. *Exp Eye Res*. 2011 Aug 2.
- [42]. Souied EH.: Oral Docosahexaenoic Acid in the Prevention of Exudative Age-Related Macular Degeneration: The Nutritional AMD Treatment 2 Study. *Ophthalmology*. 2013 Feb 7.
- [43]. Polyunsaturated phospholipids facilitate membrane deformation and fission by endocytic proteins, Mathieu Pinot, Stefano Vanni, Sophie Pagnotta, Sandra Lacas-Gervais, Laurie-Anne Payet, Thierry Ferreira, Romain Gautier, Bruno Goud, Bruno Antonny, Hélène Barelli - *Science* 08 Aug 2014:Vol. 345, Issue 6197, pp. 693-697- DOI: 10.1126/science.1255288
- [44]. Simopoulos A. (2008) The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. Published online 11 April 2008. DOI:10.3181/0711-MR-311
- [45]. Stanley JC, Elsom RL, Calder PC, Griffin BA, Harris WS, Jebb SA, Lovegrove JA, Moore CS, Riemersma RA, Sanders TA. (2007) UK Food Standards Agency Workshop Report: the effects of the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. *British Journal of Nutrition* 98:1305-1310

- [46]. Hulshof KF, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, Becker W, Church SM, Couet C, Hermann-Kunz E, Kesteloot H, Leth T, Martins I, Moreiras O, Moschandreas J, Pizzoferrato L, Rimestad AH, Thorgeirsdottir H, van Amelsvoort JM, Aro A, Kafatos AG, Lanzmann-Petithory D, van Poppel G. (1999) Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: the transfair study. *European Journal of Clinical Nutrition* 53:143-157
- [47]. <http://www.les-acides-amines.com>
- [48]. http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_8/site/html/7.html
- [49]. Site du Ciqua – Protéines : <https://pro.anses.fr/tableciqua/index.html>
- [50]. cours nutrition sportive – showacademy – 2017
- [51]. Directive européenne : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20140219>
- [52]. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1459/pdf>
- [53]. EFSA 2010 et CNRS 2014 via www.allodocteurs.fr
- [54]. <http://www.h4hinitiative.com/fr/academie-h4h/lacademie/eau-et-hydratation-bases-physiologiques-chez-ladulte/leau-dans-le-corps>
- [55]. <https://www.slideshare.net/mohamedsadekbachene/fonctions-renales>
- [56]. Données prises sur les sites des marques d'eau minérales
- [57]. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/dus/dusmedecinedusport/dunutrisport/dunsmelinhydratna/dunsmelinhydratna.pdf>
- [58]. Eaton S. Boyd (1985) Paleolithic Nutrition « *New England Journal of Medicine*
- [59]. Dr Jean Seignalet « L'alimentation ou la troisième médecine » 1996
- [60]. Loren Cordain (2011) *The Paleo Diet Revised: Lose Weight and Get Healthy by Eating the Foods You Were Designed to Eat*
- [61]. Classement des régimes par la British Dietetic Association : <https://www.bda.uk.com/news/view?id=39>
- [62]. *Le Travail musculaire et l'énergie qu'il représente*, Asselin & Houzeau (Paris), 1891
- [63]. <http://a133.idata.over-blog.com/600x255/5/03/02/33/surcompensation.jpg>
- [64]. Thompson, Ron L and Sherman, Roberta S. *Helping Athletes with Eating Disorders* Champaign, IL.: Human Kinetics, 1993
- [65]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000638341>
- [66]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000023980839>
- [67]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000638341>
- [68]. EU Register on nutrition and health claims, EFSA, 2014
- [69]. New derivatives of methylxanthine: effect of thiocaffeine, thiothéophylline and 8-phenyltheophylline on lipolysis and on phospho diesterase activities. Scotini E et al. *Pharmacol Res Commun*, 15(2):131-143. 1983
- [70]. Effects of caffeine on lipoprotein lipase gene expression during the adipocyte differentiation process. Couturier C et al. *Lipids*, 33(5): 455-460. 1998.
- [71]. Inhibitory mechanism of caffeine on insulin-stimulated glucose uptake in adipose cells. Akiba T et al. *Biochemical pharmacology*, 68(10):1929-1937. 2004.
- [72]. Scientific Opinion on the safety of caffeine EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2015)
- [73]. <https://www.wada-ama.org/fr/media/nouvelles/2013-09/reunion-du-comite-executif-de-lama-a-buenos-aires>

- [74]. Branch JD. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003 Jun;13(2):198-226.
- [75]. J Nutr. 2008 Mar;138(3):455-61. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid antagonizes ligand-dependent PPARgamma activity in primary cultures of human adipocytes. Kennedy A1, Chung S, LaPoint K, Fabiyi O, McIntosh MK
- [76]. Ostrowska E, Muralitharan M, Cross RF, Bauman DE, Dunshea FR. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *J Nutr.* 1999;129:2037–2042.
- [77]. Dietary Conjugated Linoleic Acid Differentially Alters Fatty Acid Composition and Increases Conjugated Linoleic Acid Content in Porcine Adipose Tissue E Ostrowska et al. *Br J Nutr* 90 (5), 915-928. 11 2003.
- [78]. 1997 Aug;32(8):853-8. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. Park Y1, Albright KJ, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW.
- [79]. J Nutr. 2004 Jun;134(6 Suppl):1583S-1587S. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. Shimomura Y1, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA..
- [80]. J Sports Med Phys Fitness. 2011 Mar;51(1):82-8. Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle glycogen depletion. Gualano AB1, Bozza T, Lopes De Campos P, Roschel H, Dos Santos Costa A, Luiz Marquezi M, Benatti F, Herbert Lancha Junior A.
- [81]. Wall, B., Stephens, F., Constantin-Teodosiu, D., Marmuthu, K., Macdonald, I., Greenhaff, P. Chronic Oral Ingestion of L-carnitine and Carbohydrate Increases Muscle carnitine Content and Alters Muscle Fuel Metabolism During Exercise in Humans. *The Journal of Physiology.* 2011. 589, 963-973
- [82]. J Nutr. 2011 Feb;141(2):195-200. doi: 10.3945/jn.110.130138. Epub 2010 Dec 29. Bolus arginine supplementation affects neither muscle blood flow nor muscle protein synthesis in young men at rest or after resistance exercise. Tang JE1, Lysecki PJ, Manolagos JJ, MacDonald MJ, Tarnopolsky MA, Phillips SM.
- [83]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2007 Jan;10(1):46-51. Effects of L-arginine supplementation on exercise metabolism. McConell GK.
- [84]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27ur%C3%A9
- [85]. D'Angelo L et al. Double-blind, placebo-controlled clinical study on the effect of a standardized ginseng extract on psychomotor performance in healthy volunteers. *Journal of ethnopharmacology*, 1986, 16:15–22.
- [86]. Scaglione F et al. Immunomodulatory effects of two extracts of Panax ginseng C.A. Meyer. *Drugs, experimental and clinical research*, 1990, 26:537–542.
- [87]. <http://apps.who.int/medicinedocs/fr/d/Js2200e/19.html>
- [88]. Phung OJ, Baker WL, et al. Effect of green tea catechins with or without caffeine on anthropometric measures: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2010 Jan;91(1):73-81. Epub 2009 Nov.
- [89]. Nagao T, Hase T, Tokimitsu I. A green tea extract high in catechins reduces body fat and cardiovascular risks in humans. *Obesity (Silver Spring).* 2007 Jun;15(6):1473-83.

- [90]. Dulloo AG, Duret C, et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. *Am J Clin Nutr.* 1999 Dec;70(6):1040-5.
- [91]. Westerterp-Plantenga MS, Lejeune MP, Kovacs EM. Body weight loss and weight maintenance in relation to habitual caffeine intake and green tea supplementation. *Obes Res.* 2005 Jul;13(7):1195-204.
- [92]. Auvichayapat P, Prapochanung M, et al. Effectiveness of green tea on weight reduction in obese Thais: A randomized, controlled trial. *Physiol Behav.* 2008 Feb 27;93(3):486-91. Epub 2007 Oct 18.
- [93]. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Feb;39(2):377-90
- [94]. Schwellnus et al, 2004- Maughan, 1986 et Sulzer et al, 2005 – Drew 2006)
- [95]. https://sites.google.com/site/aphysionado/_/rsrc/1325894576209/home/fonctionssn/systmoteur/reflex/Myotatic%20inverse.png?height=354&width=800
- [96]. Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. J.T. Costello et al. (Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group). *Cochrane Library*, 18 sept. 2015 doi: 10.1002/14651858.CD010789.pub2
- [97]. Dr G. Pasquer & coll, échauffement du sportif, éditions Amphora, juin 2004
- [98]. <http://www.baumetigre.com/baume-du-tigre/2-baume-du-tigre-rouge-3000000247150.html>
- [99]. <http://www.pharmacie-du-centre-albert.fr/uploads/pharmacy/23023/articleinline/images/DONJOY-cheville-arbre-d%C3%A9cisionnel.jpg>
- [100]. <http://lesuividusportif.com/>
- [101]. <http://www.kinedusport.com/wp-content/uploads/2015/03/2013-12-Tendinopathies-Classifications-F.Lagniaux.pdf>
- [102]. Anti-inflammatoires non stéroïdiens en médecine du sport : utilité et controverses. Ziltener JL, Leal S, Fournier PE. *Ann Phys Rehabil Med.* 2010 May;53(4):278-82, 282-8
- [103]. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013 Oct;49(5):699-709. Epub 2013 Apr 5. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping--fact or fashion ?. Kalron A1, Bar-Sela S.
- [104]. https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada_anti-doping_code_2009_fr_0.pdf
- [105]. Effects of Human Growth Hormone in Men over 60 Years Old Daniel Rudman, M.D., Axel G. Feller, M.D., Hoskote S. Nagraj, M.D., Gregory A. Gergans, M.D., Pardee Y. Lalitha, M.D., Allen F. Goldberg, D.D.S., Robert A. Schlenker, Ph.D., Lester Cohn, M.D., Inge W. Rudman, B.S., and Dale E. Mattson, Ph.D. *N Engl J Med* 1990; 323:1-6 July 5, 1990 DOI: 10.1056/NEJM19900705323010
- [106]. http://www.liberation.fr/sports/2013/07/17/l-aicar-peut-avoir-des-consequences-devastatrices_919086
- [107]. <http://www.dw.com/en/german-coach-suspected-of-genetic-doping/a-1890782>
- [108]. <https://www.afld.fr/>
- [109]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006913652&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20070131>
- [110]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006071318&idArticle=LEGIARTI000006547628&dateTexte=&categorieLien=cid>

- [111]. http://www.acadpharm.org/dos_public/Recommandations_Dopage_VF_2013.02.14.pdf
- [112]. <http://www.ordre.pharmacien.fr/>
- [113]. <http://lalettre.ordre.pharmacien.fr/accueil-lettre-64/Musclez-votre-conseil-aupres-des-sportifs>
- [114]. <http://www.sports.gouv.fr/prevention/dopage/>
- [115]. <https://www.afld.fr/>
- [116]. <http://www.ordre.pharmacien.fr/Le-Dossier-Pharmaceutique/Qu-est-ce-que-le-DP>
- [117]. <https://www.agencedpc.fr>
- [118]. <http://www.ordre.pharmacien.fr/content/download/123254/644133/version/1/file/J25-Dossier-AutomedicationPatientsConduiteAccompagnee.pdf>
- [119]. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000822142&categorieLien=cid>
- [120]. Annexe standard pour l'autorisation d'usage à des fins thérapeutique
- [121]. <https://sportifs.afld.fr/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/Formulaire-AUT-AFLD.pdf>

Nom - Prénoms : Appert Stéphane

Titre de la thèse : Prise en charge du sportif à l'officine

Résumé de la thèse :

Depuis plusieurs années le Ministère de la santé a mis en place une communication visant à promouvoir l'activité physique. Cette communication a eu un impact dans le quotidien de la population puisque le nombre de sportif amateur et semi-amateur a explosé.

Le pharmacien se trouvant être le professionnel de santé le plus disponible, il va donc servir d'interlocuteur privilégié au sportif.

Afin d'avoir toutes les connaissances pour une bonne prise en charge, il est important de pouvoir considérer le sportif dans son ensemble. En analysant les problématiques liées aux sportifs on va ainsi pouvoir traiter les blessures, mais également, en l'accompagnant dans sa préparation avec les connaissances en nutrition, faire de la prévention. Cette prévention sera pour éviter la survenue des blessures, mais également de prévenir l'utilisation du dopage comme solution pour améliorer ses performances.

MOTS CLÉS

PHARMACIEN, SPORTIF, NUTRITION, PREVENTION, BLESSURE, DOPAGE

JURY

PRÉSIDENT :

DIRECTEUR : Mr Alain PINEAU, Professeur de Toxicologie
Faculté de Pharmacie de Nantes

ASSESEURS : Mr Bastien VENOT, Pharmacien

Mr Alexandre PRIME, Pharmacien

Adresse : 2 résidence de clos des chevrettes, 85 330 Noirmoutier