

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenue publiquement le lundi 2 juillet 2018
Par Mme NEEL Sarah**

LA NUTRITION DU SPORTIF : Rôle et conseils du pharmacien

Membres du jury :

Président : Pr GRESSIER Bernard, professeur de Pharmacologie à la faculté de Pharmacie de Lille, Praticien Hospitalier au Centre Hospitalier d'Armentières

Directeur, conseiller de thèse : Pr DINE Thierry, Professeur de Pharmacie clinique à la faculté de Pharmacie de Lille, Praticien Hospitalier au Centre Hospitalier d'Haubourdin

Assesseur(s) : Dr KENNEDY David-James, Pharmacien titulaire à Villeneuve d'Ascq



Faculté de Pharmacie de Lille



3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX

☎ 03.20.96.40.40 - 📠 : 03.20.96.43.64

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

Université de Lille

Président :	Jean-Christophe CAMART
Premier Vice-président :	Damien CUNY
Vice-présidente Formation :	Lynne FRANJIE
Vice-président Recherche :	Lionel MONTAGNE
Vice-président Relations Internationales :	François-Olivier SEYS
Directeur Général des Services :	Pierre-Marie ROBERT
Directrice Générale des Services Adjointe :	Marie-Dominique SAVINA

Faculté de Pharmacie

Doyen :	Bertrand DÉCAUDIN
Vice-Doyen et Assesseur à la Recherche :	Patricia MELNYK
Assesseur aux Relations Internationales :	Philippe CHAVATTE
Assesseur à la Vie de la Faculté et aux Relations avec le Monde Professionnel :	Thomas MORGENROTH
Assesseur à la Pédagogie :	Benjamin BERTIN
Assesseur à la Scolarité :	Christophe BOCHU
Responsable des Services :	Cyrille PORTA

Liste des Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Pharmacie Galénique
M.	DEPREUX	Patrick	ICPAL
M.	DINE	Thierry	Pharmacie clinique
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie
M.	LUYCKX	Michel	Pharmacie clinique
M.	ODOU	Pascal	Pharmacie Galénique
M.	STAELS	Bart	Biologie Cellulaire

Liste des Professeurs des Universités

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Physique
M.	BERTHELOT	Pascal	Onco et Neurochimie
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie – Pharmacie clinique
M.	CHAVATTE	Philippe	ICPAL
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences végétales et fongiques
M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Physique
M.	DEPREZ	Benoît	Lab. de Médicaments et Molécules
Mme	DEPREZ	Rebecca	Lab. de Médicaments et Molécules
M.	DUPONT	Frédéric	Sciences végétales et fongiques
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie
M.	FOLIGNE	Benoît	Bactériologie
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie
Mme	GAYOT	Anne	Pharmacotechnie Industrielle
M.	GOOSSENS	Jean François	Chimie Analytique
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie Cellulaire
M.	LUC	Gerald	Physiologie
Mme	MELNYK	Patricia	Onco et Neurochimie
M.	MILLET	Régis	ICPAL
Mme	MUHR – TAILLEUX	Anne	Biochimie
Mme	PAUMELLE-LESTRELIN	Réjane	Biologie Cellulaire
Mme	PERROY	Anne Catherine	Législation
Mme	ROMOND	Marie Bénédicte	Bactériologie
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie
M.	SERGHÉRAERT	Eric	Législation
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie Industrielle
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie Industrielle
M.	WILLAND	Nicolas	Lab. de Médicaments et Molécules

Liste des Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	BALDUYCK	Malika	Biochimie
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie
Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie
M.	LANNOY	Damien	Pharmacie Galénique
Mme	ODOU	Marie Françoise	Bactériologie
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacie Galénique

Liste des Maîtres de Conférences

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	ALIOUAT	Cécile Marie	Parasitologie
M.	ANTHERIEU	Sébastien	Toxicologie
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie
Mme	BANTUBUNGI	Kadiombo	Biologie cellulaire
Mme	BARTHELEMY	Christine	Pharmacie Galénique
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie
M	BELARBI	Karim	Pharmacologie

M.	BERTHET	Jérôme	Physique
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle
M.	BOCHU	Christophe	Physique
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie
M.	BOSC	Damien	Lab. de Médicaments et Molécules
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie
Mme	CARON	Sandrine	Biologie cellulaire
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie
Mme	CHARTON	Julie	Lab. de Médicaments et Molécules
M	CHEVALIER	Dany	Toxicologie
M.	COCHELARD	Dominique	Biomathématiques
Mme	DANEL	Cécile	Chimie Analytique
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire
Mme	DUTOUT-AGOURIDAS	Laurence	Onco et Neurochimie
M.	EL BAKALI	Jamal	Onco et Neurochimie
M.	FARCE	Amaury	ICPAL
Mme	FLIPO	Marion	Lab. de Médicaments et Molécules
Mme	FOULON	Catherine	Chimie Analytique
M.	FURMAN	Christophe	ICPAL
Mme	GENAY	Stéphanie	Pharmacie Galénique
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie
Mme	GOOSSENS	Laurence	ICPAL
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques
Mme	HAMOUDI	Chérifa Mounira	Pharmacotechnie industrielle
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie
M.	KAMBIA	Kpakpaga Nicolas	Pharmacologie
M.	KARROUT	Youness	Pharmacotechnie Industrielle
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie
M.	LEBEGUE	Nicolas	Onco et Neurochimie
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie Analytique
Mme	LEHMANN	Hélène	Législation
Mme	LELEU-CHAVAIN	Natascha	ICPAL
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie Analytique
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie
M.	MOREAU	Pierre Arthur	Sciences végétales et fongiques
M.	MORGENROTH	Thomas	Législation
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques
M.	PIVA	Frank	Biochimie
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie
M.	POURCET	Benoît	Biochimie
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques
Mme	RAVEZ	Séverine	Onco et Neurochimie
Mme	RIVIERE	Céline	Pharmacognosie
Mme	ROGER	Nadine	Immunologie

M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Lab. de Médicaments et Molécules
M.	WELTI	Stéphane	Sciences végétales et fongiques
M.	YOUS	Saïd	Onco et Neurochimie
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques

Professeurs Certifiés

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mlle	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeur Associé - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	DAO PHAN	Hai Pascal	Lab. Médicaments et Molécules
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie Pharmaceutique

Maîtres de Conférences ASSOCIES - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	BRICOTEAU	Didier	Biomathématiques
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacie Clinique
M.	GILLOT	François	Droit et Economie pharmaceutique
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacie Clinique
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques
M.	BRICOTEAU	Didier	Biomathématiques

AHU

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie

L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

A mes juges,

Pr Bernard GRESSIER, pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence de cette thèse. Vous resterez un des professeurs marquants de mes six années d'études ;

Pr Thierry DINE, pour avoir immédiatement accepté de m'accompagner sur ce sujet qui me tenait particulièrement à cœur, pour m'avoir soutenu et pour avoir été d'une grande disponibilité tout au long de l'élaboration de ce travail ;

Mr David-James KENNEDY, pour me faire l'honneur d'accepter de participer à mon jury de thèse. Merci pour votre disponibilité, pour la transmission de votre savoir et de vos compétences tout au long de mes études au sein de votre pharmacie.

A mes proches,

Marcel, mon compagnon, pour son amour et son soutien quotidien depuis plus de 5 ans maintenant ;

Ma sœur, qui a toujours été présente pour moi, particulièrement depuis ses dernières années ;

Mes parents, qui m'ont toujours accompagné et m'ont permis de réaliser les études que je souhaitais ;

Ma grand-mère, qui a également été d'un grand soutien.

A mes amis,

Laureen, Perrine et Marion, mes camarades de fac avec lesquelles j'ai passé des heures à réviser. J'espère que notre amitié perdurera malgré la distance ;

Juliette, avec qui j'ai partagé tous mes travaux pratiques. Merci pour ton amitié ;

Florian, Hubert, Paul, Sigrid, que j'ai rencontré dernièrement et avec qui j'ai partagé de très bons moments ;

Chloé, avec qui je partage ma passion du sport depuis plusieurs années maintenant.

A l'équipe de la Pharmacie de la Poste,

Mme Elodie MORTIER-DUCATEL, ma maitre de stage au cours de mes six années d'études, pour sa patience, sa disponibilité, pour la transmission de son savoir et de ses compétences ;

Amélie, Evelyne, Sandrine, mes collègues avec lesquelles nous avons toujours travaillé dans la convivialité et la bonne humeur. Merci pour votre patience avec moi.

LISTE DES ABREVIATIONS

- ACP : protéine porteur d'acyle
- ADP : adénosine diphosphate
- AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
- ANC : Apports Nutritionnels Conseillés
- ANSES : Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail
- AS : Apport Satisfaisant
- ATP : adénosine triphosphate
- BCAA : acides aminés à chaînes ramifiées
- BNM : Besoin Nutritionnel Moyen
- DER : Dépense Énergétique journalière de Repos
- EAR : Équivalent d'Activité Rétinol
- EFA : Équivalents folates alimentaires
- Efsa : Autorité européenne de sécurité des aliments
- Étude INCA : Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires
- FAD : Flavine Adénine Dinucléotide
- FMN : Flavine MonoNucléotide
- HK : hexokinase
- INSEP : Institut National du Sport, de l'Expertise et de la performance
- IR : Intervalle de Référence
- LSS : Limite Supérieure de Sécurité
- NAP : Niveau d'Activité Physique
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- PDH : pyruvate déshydrogénase
- PFK 1 : phosphofructokinase 1
- PL : pyridoxal
- PM : pyridoxamine
- PN : pyridoxine
- PNNS : Plan National Nutrition Santé
- PTH : parathormone
- TPP : pyrophosphate de thiamine

SOMMAIRE

<u>REMERCIEMENTS.....</u>	<u>7</u>
<u>LISTE DES ABREVIATIONS</u>	<u>9</u>
<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>13</u>
<u>PARTIE 1 : BASES DE LA NUTRITION.....</u>	<u>15</u>
I. Définitions	15
1. Nutrition et nutriments.....	15
1.1. Définitions.....	15
1.2. Types de nutriments	16
2. Besoin énergétique.....	16
2.1. Notion de calorie.....	16
2.2. Notion de besoin énergétique.....	17
3. Terminologie.....	20
3.1. ANC.....	20
3.2. BNM, RNP, AS et IR.....	21
II. Les macronutriments.....	23
1. Les protéines & acides aminés.....	23
1.1. Rôles	24
1.2. Besoins en protéines	25
1.3. Sources de protéines.....	28
2. Lipides	29
2.1. Rôles	29
2.2. Besoins & sources.....	29
2.2.1. Graisses saturées	29
2.2.2. Graisses insaturées	30
2.2.3. En pratique	32
3. Glucides.....	33
3.1. Rôles	35
3.2. Besoins.....	36
3.3. Sources	36
III. Micronutriments : vitamines et minéraux.....	37
1. Vitamines.....	37
1.1. La vitamine A.....	37
1.2. Vitamine B1	39
1.3. Vitamine B2	41
1.4. Vitamine B3	42
1.5. Vitamine B5.....	43
1.6. Vitamine B6.....	44
1.7. Vitamine B9.....	45
1.8. Vitamine B12	47
1.9. Vitamine C.....	48
1.10. Vitamine D.....	49
1.11. Vitamine E	50
1.12. Vitamine K.....	51
2. Minéraux.....	52

2.1.	Calcium	52
2.2.	Fer.....	53
2.3.	Le magnésium.....	54
2.4.	Le potassium.....	55
2.5.	Le sodium.....	56
IV.	L'eau	56
V.	L'équilibre alimentaire	57
<u>PARTIE 2 : PHYSIOLOGIE DE L'EXERCICE ET REGIME ADAPTE</u>		59
I.	Digestion et métabolisme postprandial	59
1.	Digestion.....	59
2.	Métabolisme postprandial.....	62
2.1.	Métabolisme postprandial des glucides.....	62
2.2.	Métabolisme postprandial des lipides.....	63
	Les lipides présents dans l'alimentation sont majoritairement présents sous forme de triglycérides.....	63
2.3.	Métabolisme postprandial des protéines	64
II.	Les filières de synthèse énergétique.....	64
1.	Cas des exercices de très courte durée	64
2.	Cas des exercices de courte-moyenne durée	66
3.	Cas des exercices de longue-très longue durée.....	67
III.	L'alimentation du sportif	70
1.	Modification des apports en fonction de l'activité pratiquée.....	71
1.1.	Activités d'endurance	71
1.2.	Activités de force	71
2.	Recommandations générales.....	72
2.1.	Les glucides	72
2.2.	Les protéines.....	72
2.3.	Les lipides	74
2.4.	Autres recommandations.....	74
<u>PARTIE 3 : COMPLEMENTS ALIMENTAIRES DESTINES AUX SPORTIFS ET ROLE DU PHARMACIEN D'OFFICINE</u>		76
I.	Définitions et réglementation en vigueur	76
1.	Définition.....	76
2.	Réglementation	77
2.1.	Au sein de l'Union Européenne.....	77
2.2.	En France.....	79
II.	Composition des CA destinés aux sportifs.....	81
1.	Substances destinées à augmenter la masse musculaire.....	82
1.1.	Protéines :	82
1.2.	BCAA (« Branched-Chain Amino Acid »)	85
1.3.	Créatine.....	86
1.4.	Glutamine	87
1.5.	Arginine	88
1.6.	L-tyrosine.....	89
1.7.	Chrome.....	90

2.	Substances visant la réduction de la masse grasse	90
2.1.	L-carnitine.....	90
2.2.	Caféine	91
2.3.	Choline	92
III.	Rôle du pharmacien d'officine	93
1.	Le marché des compléments alimentaires en pharmacie.....	93
2.	La nutrition sportive à l'officine	94
3.	Place du pharmacien d'officine.....	94
4.	Dispositif de nutrivi­gilance	95
IV.	Recommandations de l'ANSES relatives à la consommation de compléments alimentaires destinés aux sportifs	96
	<u>CONCLUSION</u>	<u>98</u>
	<u>BIBLIOGRAPHIE.....</u>	<u>100</u>

INTRODUCTION

Depuis les dernières décennies, on constate un réel engouement pour la pratique sportive, valorisée par le contexte socio-culturel et les médias.

En 2010, on comptait 89% de la population française qui pratiquait une activité sportive (selon une étude INSEP/MEOS), contre 73,8% en 1985 (selon une étude INSEP).(1)

Quel que soit le type, le niveau ou la fréquence de la pratique sportive, elle s'inscrit dans un objectif de bien être, de réussite, mais aussi de partage et de transmission de valeurs éthiques.

En parallèle de ce phénomène, la découverte de liens entre une alimentation déséquilibrée et diverses pathologies (maladies cardio-vasculaires, diabète, cancers...) a permis une prise de conscience générale quant à l'importance de bien manger.

Tout comme l'entraînement et la récupération, l'alimentation constitue, chez le sportif, un facteur déterminant de sa performance. Son organisme ayant un métabolisme particulier et des besoins modifiés en raison de son activité, des adaptations alimentaires vont s'imposer, afin d'éviter les carences, la fatigue musculaire, et les blessures, tout en optimisant ses capacités physiques.

L'explosion du marché des compléments alimentaires n'épargne pas le monde du sport, avec une diversité importante des produits proposés, via différents réseaux de distribution, dont la pharmacie fait partie.

Dans une première partie, les bases de la nutrition vont être abordées, avec notamment des définitions, des rappels sur les différents types de nutriments, ainsi que sur l'équilibre alimentaire en globalité.

La seconde partie va s'intéresser à la physiologie de l'exercice sportif, via les filières énergétiques utilisées, ainsi qu'aux adaptations alimentaires nécessaires aux différents types de pratiques sportives.

Nous terminerons par une partie sur les compléments et denrées alimentaires destinés aux sportifs, avec un point réglementaire, puis un focus sur la composition de ces compléments pour terminer par le rôle du pharmacien d'officine dans la dispensation de ce type de produits et par les recommandations de l'ANSES relatives à leur consommation.

PARTIE 1 : BASES DE LA NUTRITION

Comme dit précédemment, les dernières décennies ont été marquées par la découverte de nombreux liens entre diverses pathologies (telles que les maladies cardio-vasculaires, le diabète, les cancers...) et une alimentation déséquilibrée.

Pour manger mieux, il est donc indispensable de connaître les bases de la nutrition. C'est ce que nous allons aborder au cours de cette première partie.

Nous évoquerons dans un premier temps les définitions, terminologies et formules utilisées dans le domaine de la nutrition.

Ensuite, nous verrons quels sont les divers types de nutriments, avec leurs sources alimentaires, leurs rôles ainsi que nos besoins.

Puis nous terminerons avec l'équilibre alimentaire en général, en évoquant des notions concrètes, pouvant être comprises par tout un chacun et pouvant également être utilisées au comptoir d'une officine.

I. Définitions

1. Nutrition et nutriments

1.1. *Définitions*

La nutrition est une science qui étudie les liens entre l'alimentation et la santé. Dans le domaine médical, elle correspond au processus de transformation des aliments en nutriments.

Les nutriments sont des substances dites organique ou minérale, issues de l'alimentation et majoritairement fabriquées par le processus de digestion. Lorsque ces nutriments sont assimilés par l'organisme, on va parler de « nutrition ».

C'est donc au travers de l'alimentation et de ces nutriments que le corps humain va puiser tout ce qui est nécessaire à son bon fonctionnement, à travers une série de réactions biochimiques. Ils vont constituer le « carburant » du corps humain.

1.2. Types de nutriments

Nous pouvons différencier deux catégories de nutriments :

- Les **macronutriments** qui regroupent les protéines, les lipides et les glucides. Ils constituent les ingrédients essentiels de l'alimentation, et ont soit un rôle de constitution de l'organisme (protides, lipides), soit un rôle de ressource énergétique nécessaire au bon fonctionnement de celui-ci (glucides, lipides essentiellement) ;
- Les **micronutriments** ont plutôt un rôle de cofacteurs essentiels pour le métabolisme. Ils regroupent les vitamines, les sels minéraux ainsi que les oligo-éléments.

Il y a également le groupe des fibres, qui ne sont pas des nutriments à part entière puisqu'ils ne sont pas absorbés par l'organisme mais qui vont jouer un rôle essentiel dans la digestion, et notamment dans la régulation du transit intestinal.

2. Besoin énergétique

2.1. Notion de calorie

La calorie est une unité de mesure de l'énergie libérée par la chaleur, utilisée pour exprimer les besoins et les dépenses énergétiques de l'organisme, ainsi que la valeur énergétique des aliments.

De manière plus scientifique, elle représente la quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré la température d'1 gramme d'eau sous une pression atmosphérique normale.

La notion la plus utilisée est la « grande calorie », ou kilocalorie qui équivaut à 1000 calories.

Remarque :

On retrouve également sur les emballages des aliments industriels la notion de kJ ou kilojoules qui correspond aussi à une unité de mesure d'énergie.

On peut convertir les unités entre elles de la manière suivante :

$$1 \text{ kJ} \rightarrow 0,24 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} \rightarrow 4,18 \text{ kJ}$$

Chaque aliment va donc être caractérisé par sa valeur calorique, calculée à partir de sa composition en macronutriments (protéines, glucides, lipides).

2.2. Notion de besoin énergétique

Le besoin énergétique correspond à la quantité de calories nécessaire pour obtenir un équilibre entre les apports et les dépenses du corps humain, permettant ainsi le maintien du poids corporel.

Schématiquement, un déséquilibre entre les apports et les dépenses va ainsi se manifester par :

- Soit une perte de poids, si les dépenses sont supérieures aux apports,
- Soit une prise de poids, si les apports sont supérieurs aux dépenses.

Les conséquences peuvent être à terme des problèmes de santé chez le sujet sédentaire, mais également une mauvaise performance chez le sujet sportif.

Les apports énergétiques correspondent en grande partie à l'alimentation de l'individu, et aux boissons (sauf l'eau).

Les dépenses, quant à elles, vont se scinder en trois grandes parties :

- Le **métabolisme de base** (aussi appelé métabolisme basal), qui est l'énergie consommée par l'organisme au repos pour maintenir les fonctions de base à savoir la fonction cardiaque, le travail musculaire respiratoire, la température corporelle etc. Il est mesuré à jeun et à thermoneutralité. Il représente environ 60% de la dépense énergétique quotidienne ;

- La **thermogénèse postprandiale** (aussi appelée thermogénèse alimentaire) correspond à l'énergie dépensée pour digérer les aliments. La prise alimentaire va augmenter les dépenses énergétiques de l'individu au repos, de façon proportionnelle à la quantité d'aliments ingérée.

Le coût énergétique est variable suivant les voies biochimiques empruntées :

- 5 à 10% de la valeur calorique ingérée sous forme de glucides,
- 20 à 30% de la valeur calorique ingérée sous forme de protéines,
- Et moins de 5% de la valeur calorique ingérée sous forme de lipides.

Sa contribution à la dépense énergétique globale est faible, environ 10% ;

- Et le **métabolisme d'activité**, qui lui est très variable, dépendant de la durée et de l'intensité de l'activité physique pratiquée. Il représente entre 15 et 30% de la dépense énergétique quotidienne.

Les besoins quotidiens en énergie vont donc être la somme de ces trois métabolismes. Le besoin énergétique sera donc propre à chacun, et variable également au cours du temps pour une même personne.(2)

Les pourcentages donnés sont des moyennes. Les proportions vont varier selon le profil du sujet. En effet, la proportion du métabolisme de base va être beaucoup plus importante chez un sujet sédentaire que chez un sujet très actif.

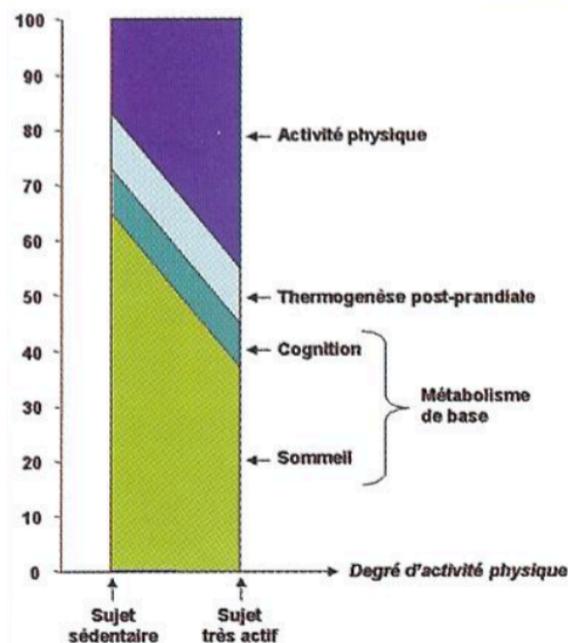


Figure n°1 : Dépense énergétique totale chez un sujet sédentaire et chez un sujet très actif

(3)

Pour en revenir au métabolisme de base, il sera donc fixe chez un individu, fonction de la masse maigre, de l'âge, du sexe, de la taille, du poids, de la génétique et de la fonction hormonale :

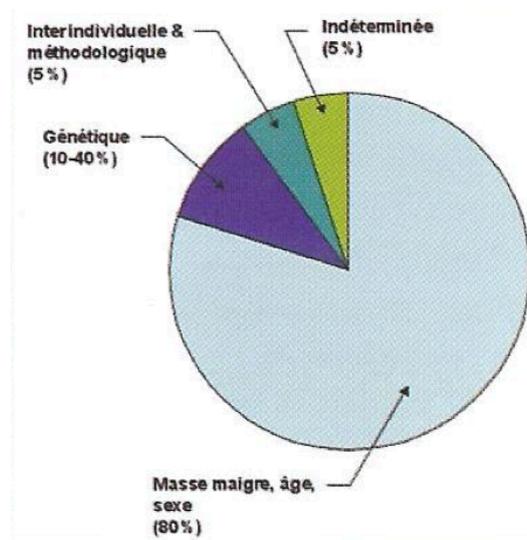


Figure n°2 : Facteurs influant le métabolisme de base (3)

On parle également de DER pour **Dépense Énergétique journalière de Repos** en kcal à jeun.

Diverses formules existent pour le calculer. La formule de référence et également la plus récente (1996) est la formule de Black et al, particulièrement adaptée aux sujets en surpoids et aux personnes âgées (plus de 60 ans) :

$$DER_{\text{homme}} = 1,083 \times \text{Poids}^{0,48} \times \sqrt{\text{Taille}} \times \text{Age}^{-0,13} \times \frac{1000}{4,1855}$$

$$DER_{\text{femme}} = 0,963 \times \text{Poids}^{0,48} \times \sqrt{\text{Taille}} \times \text{Age}^{-0,13} \times \frac{1000}{4,1855}$$

Avec :

- Poids en kilogrammes
- Taille en mètre
- Age en années

Une estimation du besoin énergétique total a été réalisée par l'ANSES au cours de son rapport sur « *L'actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles* » publié en décembre 2016.

Celle-ci suppose de connaître le besoin énergétique basal des individus d'une population, lui-même estimé à partir de l'âge, du sexe, de la taille et du poids, et de connaître leur niveau d'activité physique (NAP).

Le métabolisme de base a donc été estimé dans différentes tranches d'âge de la population, en prenant comme référence un indice de masse corporelle égal à 22kg/m². Le niveau d'activité physique a lui aussi été estimé grâce à la méthode de l'eau doublement marquée.

Cela a permis de définir un **besoin énergétique moyen de 2100 kcal/jour chez les femmes et de 2600 kcal/jour chez les hommes.**

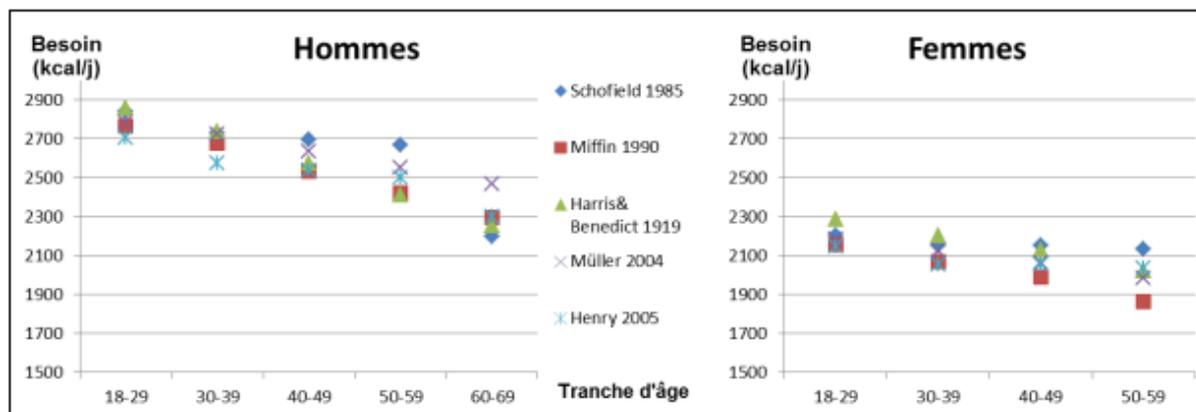


Figure n°3 : Besoin énergétique (kcal/j) des hommes et des femmes estimé selon l'âge et l'équation prédictive du métabolisme de base (4)

3. Terminologie

3.1. **ANC**

Les apports nutritionnels conseillés ou ANC représentent la quantité de macro- et de micronutriments nécessaire à la couverture de l'ensemble des besoins physiologiques. Ils correspondent aux besoins nutritionnels moyens. Ils sont estimés à partir de données scientifiques et répondent à des règles fixées par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Ils sont calculés de manière à **couvrir les besoins de 97,5% des individus d'une population.**

Ces valeurs constituent des repères ou références pour les individus d'une population dans le but premier d'éviter les déficiences. Les ANC sont à considérer comme des apports optimaux pour une population donnée. C'est le terme le plus connu dans la population générale.

Dans son rapport publié en décembre 2016 sous le titre « *Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles* », l'ANSES a établi une nouvelle terminologie dans un souci d'harmonisation internationale, faisant ainsi disparaître la notion d'ANC au profit de nouveaux acronymes. (4)

3.2. BNM, RNP, AS et IR

On parle désormais de **Besoin Nutritionnel Moyen (BNM)**, défini comme le « *besoin moyen au sein de la population, tel qu'estimé à partir de données individuelles d'apport en relation avec un critère d'adéquation nutritionnel lors d'études expérimentales* ».

En général, un faible nombre d'individus est utilisé pour déterminer ces données. Divers critères vont être utilisés :

- Bilan en nutriment,
- Renouvellement métabolique,
- Modification de l'état des réserves,
- Marqueurs des fonctions associées au nutriment lors d'études de déplétion-réplétion.

Ce besoin sera modifié lors de certaines situations physiologiques telles que les périodes de croissance ou la grossesse.

Le terme ANC, quant à lui, a été abandonné au profit de l'acronyme RNP et de deux autres notions : l'Apport Satisfaisant (AS), et l'Intervalle de Référence (IR).

La **RNP** correspond à la **Référence Nutritionnelle pour la Population**, « *apport qui couvre le besoin de presque toute la population considérée, tel qu'estimé à partir de données expérimentales* ».

Comme pour l'ANC, la RNP est estimée le plus souvent à partir du BNM auquel on ajoutera deux écarts-types, afin d'obtenir l'apport qui couvre les besoins de 97,5% de la population (même définition que les ANC).

L'Apport Satisfaisant (AS) est « *l'apport moyen d'une population ou d'un sous-groupe pour lequel le statut nutritionnel est jugé satisfaisant* ».

De manière générale, cette notion sera exploitée quand le BNM et donc la RNP ne peuvent pas être estimés faute de données suffisantes.

Le statut nutritionnel est estimé à partir de données obtenues lors d'études d'observations ou plus rarement lors d'études expérimentales.

Les critères utilisés peuvent être de différents ordres :

- D'ordre clinique (ex : vitesse de croissance)
- D'ordre métabolique (ex : concentration normale ou souhaitable de nutriments ou de métabolites indicateurs)
- D'ordre physiologique (ex : potentiels évoqués visuels).

Ils peuvent également prendre en compte directement ou indirectement le risque de pathologie à long terme.

L'Intervalle de Référence (IR) est un « *intervalle d'apports considérés comme satisfaisants pour le maintien de la population en bonne santé.*

Il s'agit d'une référence nutritionnelle spécifique aux macronutriments énergétiques, exprimée en pourcentage de l'apport énergétique total ».

La dernière notion utilisée est la **Limite Supérieure de Sécurité (LSS)**, définie comme « *l'apport journalier chronique maximal d'une vitamine ou d'un minéral considéré comme peu susceptible de présenter un risque d'effets indésirables sur la santé de la population* ».

L'ANSES a regroupé ces diverses notions dans un tableau récapitulatif afin de comparer la terminologie des références nutritionnelles utilisées dans différents pays :

	Références nutritionnelles					
France (Anses, 2017 ²)	Référence nutritionnelle pour la population (RNP)	Besoin nutritionnel moyen (BNM)	-	Apport satisfaisant	Intervalle de référence (IR)	Limite supérieure de sécurité (LSS)
France (Afssa 2001)	Apport nutritionnel conseillé (ANC)	Besoin nutritionnel moyen (BNM)	-	Apport nutritionnel conseillé (ANC)	Apport nutritionnel conseillé (ANC)	Limite de sécurité
Europe (EFSA 2010a)	Population Reference Intake (PRI)	Average requirement (AR)	Lower threshold intake (LTI)	Adequate intake (AI)	Reference intake range (RI)	Tolerable upper intake level (UL)
Etats-Unis (IOM 2000b)	Recommended Dietary Allowance (RDA)	Estimated average requirement (EAR)	-	Adequate Intake (AI)	Acceptable macronutrient distribution ranges (AMDR)	Tolerable upper intake level (UL)
Pays nordiques (NCM 2004)	Recommended Intakes (RI)	Average Requirement (AR)	Lower limit of intake (LI)	-	-	Upper intake level (UL)
OMS (WHO/FAO 2003)	Recommended nutrient intake (RNI)	Estimated average requirement (EAR)	-	Recommended Safe intake	-	Upper tolerable nutrient intake level (UL)
Australie / Nouvelle-Zélande (NHMRC-MoH 2006)	Recommended Dietary intake (RDI)	Estimated average requirement (EAR)	-	Adequate Intake (AI)	Acceptable macronutrient distribution ranges (AMDR)	Upper intake level (UL)

Tableau n°1 : Tableau récapitulatif de la terminologie des références nutritionnelles (4)

II. Les macronutriments

Développons désormais ce qui va représenter l'essentiel de l'alimentation, les macronutriments.

Ils se divisent en trois familles principales :

- Les protéines
- Les lipides
- Les glucides

1. Les protéines & acides aminés

La première famille de macronutriments qui va être abordée est celle des protéines.

Les protéines sont de longues chaînes linéaires ou ramifiées d'acides aminés, plus ou moins repliées sur elles-mêmes et organisées dans l'espace.

Ces acides aminés sont en fait les unités de base de ces protéines. Ce sont en réalité des molécules quaternaires composées de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O) et d'azote (N).

Il en existe une multitude, mais seulement 20 sont utilisés par l'organisme pour la fabrication des protéines : on parle d'acides aminés « protéinogènes ».

Parmi ces 20 acides aminés protéinogènes, 8 acides aminés sont dits essentiels : ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme et doivent donc être apportés par l'alimentation. Les 12 autres sont dits non essentiels car peuvent être synthétisés directement par l'organisme.

ACIDES AMINES NON ESSENTIELS	ACIDES AMINES ESSENTIELS
Arginine	Isoleucine
Alanine	Leucine
Asparagine	Lysine
Acide aspartique ou aspartate	Méthionine
Acide glutamique ou glutamate	Phénylalanine
Cystéine	Thréonine
Glutamine	Tryptophane
Glycocolle	Valine
Histidine	
Proline	
Sérine	
Tyrosine	

Tableau n°2 : Liste des acides aminés protéinogènes

Concernant l'apport énergétique, 1 gramme de protéine apporte **4 kilocalories**.

1.1. Rôles

Les protéines possèdent des rôles nombreux et essentiels dans l'organisme :

→ Elles jouent essentiellement un rôle structural et participent ainsi au renouvellement des tissus musculaires, des phanères (ongles, cheveux, poils), de la matrice osseuse, de la peau ;

→ Elles participent également à de nombreux processus physiologiques, sous la forme d'enzymes digestives, d'hémoglobine, d'hormones, de récepteurs ou d'anticorps (immunoglobulines).

Elles constituent l'unique source d'azote de l'organisme.

1.2. Besoins en protéines

Les besoins en protéines doivent être envisagés à deux niveaux :

- D'une part en terme de besoin azoté total,
- D'autre part en terme d'acides aminés essentiels.

❖ Besoin azoté total

Le rôle de l'azote dans l'organisme est primordial : il entre dans la constitution des protéines, des neurotransmetteurs, de l'ARN et de l'ADN.

L'apport en protéines doit permettre le maintien de la masse des protéines corporelles. En pratique, on traduit cela par le maintien d'un bilan azoté positif en phase de croissance ou nul chez l'adulte.

Le bilan azoté, qu'est-ce que c'est ?

Il représente la différence entre les sorties et les entrées d'azote dans l'organisme.

Les entrées sont représentées par l'ingestion de protéines animales essentiellement.

Les sorties sont constituées de l'azote urinaire (90% chez l'adulte), l'azote fécal et d'autres pertes azotées.

Sa valeur varie donc selon les individus et leur état physiologique (sexe, âge...).

Ces besoins ont été déterminés en mesurant la quantité minimale d'azote ingérée sous forme de protéines d'œufs ou de lait (protéines de haute qualité biologique) qui permet de garder un bilan azoté neutre chez l'adulte.

Le chiffre retenu est de **0,8 gramme de protéine par kilogramme de masse corporelle par jour**, apport conseillé permettant de couvrir les besoins d'une population normale adulte.

Ces besoins sont modifiés pour certaines catégories de population :

Les nourrissons (2,2g/kg/j), enfants, adolescents ;

Les sujets âgés (1 à 1,2g/kg/j) ;

Les femmes au cours de la grossesse ou de la lactation (+5 à +15g de protéine/jour) ;

Les sportifs, dont les besoins seront développés par la suite.

❖ Les besoins en acides aminés

Ils sont déterminés par la méthode suivante : des sujets reçoivent une alimentation parfaitement équilibrée contenant tous les nutriments et tous les acides aminés en quantité suffisante à l'exception de l'acide aminé dont on veut mesurer le besoin. En l'absence de cet acide aminé, le bilan azoté est négatif ce qui illustre le fait que l'absence d'un seul acide aminé suffit à ralentir la synthèse protéique (notion d'acide aminé limitant). L'apport en cet acide aminé est alors progressivement augmenté : lorsque le bilan azoté se positive, le besoin est alors couvert.

Là encore, la qualité des résultats obtenus dépend de l'exactitude du bilan azoté. Les résultats obtenus par cette méthode sont actuellement contestés par certains groupes qui ont proposé de mesurer non plus le bilan azoté mais l'oxydation de l'acide aminé par des méthodes isotopiques. Cette oxydation reste minimale tant que les besoins de la synthèse protéique ne sont pas couverts puis augmente régulièrement dès que le besoin est atteint. Les résultats obtenus par cette méthode sont deux à trois fois supérieurs à ceux obtenus classiquement. Pour l'instant, les recommandations alimentaires internationales s'en tiennent aux chiffres obtenus par la méthode classique.

Les **besoins en acides aminés essentiels** sont, selon l'acide aminé, de 30 à 150 milligramme par kilogramme de masse corporelle par jour chez le nourrisson (au total 750 milligrammes par kilogramme de masse corporelle par jour) et seulement de 5 à 15 milligrammes par kilogramme de masse corporelle par jour (au total **80 milligrammes par kilogramme de masse corporelle par jour**) chez l'adulte. Ceci correspond aux besoins importants de la synthèse protéique en période de croissance.

Chez l'adulte, c'est seulement 10 % de la ration azotée qui devra être composée d'acides aminés essentiels. (5)

Remarque :

Certains acides aminés peuvent être conditionnellement essentiels. En effet, en raison d'une circonstance physiopathologique donnée, leur synthèse endogène ne va pas être suffisante pour couvrir les besoins. C'est le cas de la cystéine et de la tyrosine qui peuvent normalement être obtenues respectivement à partir de la méthionine et de la phénylalanine.

Dans des circonstances telles que la prématurité et l'insuffisance hépatique, ces conversions seront insuffisantes pour couvrir les besoins et un apport exogène via l'alimentation sera alors nécessaire.

De la même façon, il est probable que les acides aminés du cycle de l'urée (arginine, ornithine et citrulline) deviennent conditionnellement essentiels au cours des insuffisances hépatiques.

Il faut enfin citer le cas de la taurine, acide aminé libre abondant dans l'organisme mais non incorporé dans les protéines. La taurine est amenée en quantité suffisante par le lait de femme mais pas par le lait de vache. Un déficit d'apport en taurine peut engendrer des anomalies de la fonction rétinienne, d'où une supplémentation quasi systématique des laits infantiles.

❖ En pratique

L'étude INCA 3 (Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3) réalisée en 2014-2015 dont le rapport vient d'être publié en 2017 avait pour objectif de constituer et mettre à disposition une base de données très détaillée de la consommation alimentaire au niveau individuel dans un échantillon représentatif de la population vivant en France métropolitaine.

Plus de 5800 personnes (3157 adultes âgés de 18 à 79 ans et 2698 enfants âgés de 0 à 17 ans) ont participé à cette grande étude d'échelle nationale.

D'après cette étude, les apports quotidiens moyens en protéines sont de 83,2 grammes et représentent pour les deux sexes environ 17% des apports énergétiques totaux. Ils sont donc proches des apports nutritionnels recommandés, qui sont de **10 à 20% de l'apport énergétique total**. (6)

1.3. Sources de protéines

Au niveau alimentaire, on va distinguer essentiellement deux sources principales de protéines :

- Les protéines d'origine animale,
- Les protéines d'origine végétale.

Protéines d'origine animale :

Elles sont majoritaires dans l'alimentation des pays industrialisés comme le nôtre et proviennent notamment de l'œuf, du poisson, de la viande (41%), du lait et des produits laitiers (15%).

Elles sont relativement riches en acides aminés indispensables et en général plus riches que les protéines d'origine végétale, mais également de meilleure digestibilité (95 à 98% pour les protéines animales, contre 75 à 95% pour les protéines végétales).

Protéines d'origine végétale :

Certaines protéines végétales peuvent présenter une teneur limitante en certains acides aminés indispensables.

Ainsi, pour obtenir une alimentation équilibrée en acides aminés à partir de protéines végétales, il va être nécessaire de varier les sources et donc associer différents aliments végétaux : des légumineuses avec des céréales.

Les aliments végétaux les plus riches en protéines sont :

- Les graines oléagineuses (cacahuètes, amandes, pistaches etc),
- Les légumineuses (tofu, pois chiches, haricots, lentilles),
- Les avocats,
- Les céréales.

Au-delà de la problématique de la couverture des apports en acides aminés, l'origine protéique peut avoir une incidence sur la couverture des besoins en d'autres nutriments. Ainsi, une alimentation exclusivement d'origine végétale peut conduire à un risque de déficience en vitamine B12. Et une alimentation riche en protéines animales peut conduire à un apport insuffisant en fibres et excessif en graisses saturées.

D'où l'importance de varier les sources de protéines, afin d'avoir un apport le plus diversifié et complet possible. C'est ce qu'on appelle le principe de **complémentarité protidique**.

2. Lipides

Les lipides vont constituer la deuxième famille de macronutriments que nous allons aborder.

Les lipides sont des corps gras, c'est à dire des molécules hydrophobes ou amphipathiques (une partie hydrophile et une partie hydrophobe).

En fonction de la longueur et de l'aspect de ces chaînes d'acides gras, on peut distinguer deux types de graisses :

- Les graisses dites saturées ;
- Et les graisses dites insaturées : mono-insaturées et polyinsaturées.

Leur différence de structure chimique (présence de doubles liaisons) leur confère des propriétés spécifiques et donc une utilisation différente.

A noter qu'un 1 gramme de lipide apporte **9 kilocalories**.

2.1. Rôles

Dans l'organisme, les lipides ont deux rôles majeurs :

- Un rôle de stockage de l'énergie. Dans ce cas, les lipides sont sous forme de triglycérides, présents notamment dans les tissus adipeux ;
- Un rôle structural. Dans ce cas, ils sont sous forme de phospholipides et entrent dans la composition des membranes cellulaires (sous forme de bicouches phospholipidiques) afin d'assurer leur fluidité.

2.2. Besoins & sources

2.2.1. Graisses saturées

Les graisses dites saturées sont communément appelées les « mauvaises » graisses, en raison de leur rôle dans l'émergence de problèmes de santé, notamment dans les

maladies cardio-vasculaires par l'intermédiaire de la formation de plaques d'athéromes.

Il va donc être préférable d'en limiter la consommation, sans pour autant les supprimer totalement.

Les sources alimentaires de graisses saturées sont principalement les viandes grasses (agneau, mouton, porc, bœuf) et notamment la charcuterie, le beurre, les fromages et certains plats cuisinés.

D'un point de vue chimique, elles se distinguent des graisses insaturées par l'absence de doubles liaisons.

2.2.2. Graisses insaturées

Les graisses insaturées (présence de double(s) liaison(s) au sein de la structure chimique) sont appelées communément les « bonnes » graisses en raison de leur impact positif sur la santé, par un rôle de prévention des pathologies cardio-vasculaires et métaboliques (dyslipidémies).

On y retrouve les huiles d'assaisonnement (huile de colza, huile d'olive ou huile de noix), les fruits oléagineux (noix), les acides gras des produits marins, les œufs, les abats.

Parmi ces graisses insaturées, on retrouve 3 groupes : les oméga 3, les oméga 6 et les oméga 9, qui sont des acides gras essentiels, non synthétisés par l'organisme et qui doivent donc être apportés par l'alimentation.

On va s'intéresser ici principalement aux oméga 3 et aux oméga 6, qui ont un rôle important dans l'organisme.

❖ Oméga 3

Parmi les oméga 3, on retrouve l'**acide alpha-linolénique** qui est le seul acide gras pouvant être qualifié « d'essentiel », étant donné que les autres peuvent être synthétisés par son intermédiaire. Il est présent principalement dans l'huile et les graines de lin et de chanvre, dans l'huile de colza et de soja.

On trouve également dans ce groupe l'**acide eicosapentaénoïque**. Cet acide gras peut être synthétisé par le corps humain par l'intermédiaire de l'acide alpha-

linoléique, mais la synthèse endogène est très faible. Il est donc indispensable d'en consommer dans son alimentation. On les retrouve essentiellement dans la sardine, le maquereau, le hareng, le saumon et le thon.

Enfin, on trouve l'**acide docosahexaénoïque**, présent dans les mêmes sources alimentaires que le précédent. (7)

Les acides gras oméga 3 sont essentiels au développement et fonctionnement de la rétine, du cerveau et du système nerveux.

Au niveau cardiovasculaire, leur consommation est associée à :

- Une diminution de la pression artérielle chez les patients hypertendus,
- Une diminution de la triglycéridémie,
- Une réduction de la morbi-mortalité cardiovasculaire chez les patients souffrant au préalable de pathologies cardiovasculaires.

De nombreux pays, ainsi que l'OMS, ont établi des recommandations quant à la consommation d'oméga 3 :

- Pour l'acide alpha-linolénique : 0,8 à 1,1g/jour (1% de l'apport énergétique)
- Pour l'acide eicosapentaénoïque ainsi que l'acide docosahexaénoïque : 0,3 à 0,5g/jour. (8)

❖ Oméga 6

Parmi les oméga 6, on retrouve l'**acide linoléique** qui est le seul qualifié d'essentiel. Les autres oméga 6 peuvent être synthétisés par son intermédiaire. Il est présent dans l'huile de maïs, de tournesol, de soja, de pépins de raisins.

On trouve également dans ce groupe l'**acide gamma-linolénique**. Sa synthèse endogène peut être réduite par une consommation excessive de cholestérol et de graisses saturées, l'alcool, le vieillissement, le diabète. En ce qui concerne ses sources exogènes, on le trouve dans l'huile de bourrache, l'huile d'onagre, l'huile de cassis ainsi que dans la spiruline.

On retrouve ensuite l'**acide dihomogamma-linolénique**, qui dérive du précédent. La synthèse endogène est faible, et la seule source alimentaire permettant un apport naturel direct cet acide gras est le lait maternel. Il contribue à une protection

cardiovasculaire, une stimulation de l'immunité et présente des effets anti-inflammatoires.

Enfin, l'**acide arachidonique** fait également parti de ce groupe des oméga 6. C'est un dérivé de l'acide gamma-linolénique et donc de l'acide linoléique. Il prend part à la cicatrisation et la guérison des blessures et contribue aux mécanismes de réaction allergique.

En 2004, l'apport optimal en acide linoléique a été fixé à 2% des kilocalories quotidiennes, par un comité d'experts nationaux. (9)

Le rapport de consommation entre oméga 6 et oméga 3 doit s'approcher de 5, en raison de la compétition entre les deux familles pour la synthèse et la biodisponibilité de l'EPA (acide eicosapentaénoïque) et du DHA (acide docosahexaénoïque). Il constitue un repère pour l'alimentation. (10)

Il faudra donc privilégier les graisses insaturées, et surtout les acides gras essentiels. En pratique, on peut donc conseiller de consommer deux portions de poissons gras par semaine, ainsi qu'un assaisonnement avec une huile riche en acides gras insaturés.

Il faut également attirer l'attention sur les graisses cachées dans les aliments qui ne paraissent pas forcément gras, mais qui contiennent une quantité importante de lipides. On peut citer la charcuterie, certaines viandes, les aliments frits ou panés, les plats cuisinés, les fromages, les pâtisseries...

La consommation de ces aliments doit être limitée au maximum.

Les recommandations sont de **35 à 40% de l'apport énergétique total** fourni sous forme de lipides.

2.2.3. En pratique

Les résultats de l'étude INCA 3 révèlent que les lipides contribuent à hauteur de 34% des apports énergétiques totaux (soit 76,2 grammes de lipides), ce qui correspond à **l'intervalle recommandé de 35 à 40%**.

En revanche, au sein des lipides consommés, les acides gras saturés sont majoritaires (48% du total des acides gras), suivis des acides gras mono-insaturés (38% du total des acides gras) puis les acides gras polyinsaturés (14% du total des acides gras).

3. Glucides

Les glucides constituent le socle de notre alimentation. Il s'agit de notre principale source d'énergie.

Le terme de « glucides » renvoie à la notion plus scientifique d'hydrates de carbones ou de saccharides. Il s'agit de polyalcools comportant une fonction aldéhyde (CHO) ou cétone (CO).

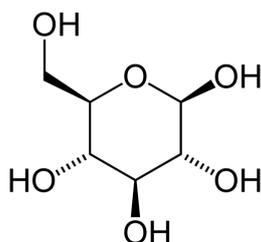


Figure n°4 : Formule chimique du glucose

Les glucides sont généralement classés selon leur degré de polymérisation. Dans la littérature, cette classification n'est pas consensuelle concernant les limites de degré de polymérisation à considérer dans chaque catégorie.

En général, on les sépare en 3 groupes :

- Les sucres (1 à 2 oses),
- Les oligosaccharides (dont le degré de polymérisation est compris entre 3 et 9),
- Les polysaccharides (dont le degré de polymérisation est supérieur à 9),
- Et les glucides hydrogénés (polyols).

Classe (DP)	Sous-groupe	Principaux composés
Sucres (1-2)	Monosaccharides	Glucose, galactose, fructose, tagatose
	Disaccharides	Saccharose, lactose, tréhalose, maltose, isomaltulose
Oligosaccharides (3-9)	Malto-oligosaccharides	Maltodextrines
	Autres oligosaccharides	Raffinose, stachyose, verbascose, ajugose (α -galactosides), fructo-oligosaccharides, galacto-oligosaccharides
Polysaccharides (>9)	Amidon	Amylose, amylopectine, amidons modifiés
	Polysaccharides non amylacés	Cellulose, hémicelluloses (ex : galactanes, arabinoxylyanes), pectines, inuline, hydrocolloïdes (ex : guar)
Glucides hydrogénés (polyols)	de type monosaccharidique	Sorbitol, mannitol, xylitol, érythritol
	de type disaccharidique	Isomalt, lactitol, maltitol
	de type oligosaccharidique	Sirops de maltitol, hydrolysats d'amidon hydrogénés
	de type polysaccharidique	Polydextrose

Tableau n°3 : Classification structurelle proposée des principaux glucides (11)

De manière plus pratique, les notions de glucides lents et glucides rapides (ou sucres lents/sucres rapides) ont longtemps été utilisées et ne devraient plus l'être. On préfère utiliser maintenant la notion d'index glycémique (aussi appelé indice glycémique).

Auparavant, on pensait qu'une quantité identique de différents glucides augmentait de la même manière la glycémie.

C'est le Professeur David Jenkins qui, en 1981, introduit cette notion d'indice glycémique afin de clarifier et quantifier la réponse glycémique aux aliments glucidiques.

L'index glycémique va permettre de définir le pouvoir hyperglycémiant d'un aliment glucidique et donc de les comparer entre eux sur la base de ce critère. Cette notion est particulièrement intéressante chez les diabétiques qui doivent faire attention au contrôle de la glycémie, mais peut s'étendre à la population générale.

La définition scientifique de l'index glycémique est la suivante : c'est l'aire sous la courbe de réponse glycémique (aire au-dessus de la ligne de base représentée par la glycémie à jeun) à une portion d'aliment apportant 50 grammes de glucides, exprimée en pourcent de la réponse à une portion d'un aliment de référence apportant la même quantité de glucides, pris par un même sujet.

L'aliment de référence est le glucose pur, et est coté à 100.

Deux tables de valeurs de l'index glycémique ont été successivement publiées par Foster-Powell, en 1995 et 2002. La table la plus récente comporte plus de 1300 aliments et ingrédients. Elles ont été établies à partir des données publiées dans la littérature scientifique et de valeurs communiquées des laboratoires et des industries possédant des données non publiées. (12)

Un même aliment peut appartenir à des catégories différentes en fonction de son mode de cuisson. Ainsi, des pâtes cuites *al dente* ont plutôt un index glycémique bas, alors que des pâtes fondantes ont un index glycémique plus élevé.

Comme dit précédemment, le but initial de la détermination de l'index glycémique était de décrire les différences de propriétés physiologiques entre les glucides, afin de permettre de les comparer entre eux.

Cependant, de nombreux facteurs influencent la réponse glycémique et insulinémique, ce qui est le cas dans les repas mixtes et donc dans l'alimentation habituelle.

Il faut donc privilégier la consommation des glucides dans le contexte alimentaire des repas. L'association aux autres composants de celui-ci permettra de limiter le pic hyperglycémique postprandial, quelle que soit la nature des glucides ingérés.

L'index glycémique reste tout de même un paramètre utile, en particulier dans ses valeurs les plus contrastées pour évaluer l'influence de certains aliments en physiologie et pathologie. Ainsi, on va privilégier la consommation de glucides à index glycémique faible, en limitant la consommation de glucides à index glycémique élevé.

D'un point de vue énergétique, 1 gramme de glucide apporte **4 kilocalories**.

3.1. Rôles

Les glucides sont indispensables au fonctionnement des muscles et du cerveau (unique source énergétique utilisable pour celui-ci). Ils constituent la source d'énergie la plus rapidement utilisable par l'organisme et sont impliqués dans l'anabolisme des protéines.

Leur rôle est donc essentiellement énergétique. Apportés par l'alimentation, ils sont dégradés en glucose et vont se répartir dans l'organisme. Une partie sera stockée sous forme de glycogène dans le foie et les muscles, ce qui constituera une réserve d'énergie pour l'organisme.

Les glucides ont également un rôle de constitution, car ils rentrent dans la composition de tissus fondamentaux de l'organisme tels que les acides nucléiques, le cartilage, les substances antigéniques etc.

3.2. Besoins

Les besoins quotidiens en glucides sont d'environ **4 grammes par kilogramme de poids corporel par jour**.

Dans un régime alimentaire équilibré, l'apport énergétique glucidique doit comporter **entre 40 et 55% de glucides**. Cela représente en moyenne 220 à 250g de glucides par jour, dont les deux tiers serviront aux besoins exclusifs du système nerveux qui est gluco-dépendant.

En pratique, les glucides contribuent à 47% de l'apport énergétique total (ce qui correspond à l'intervalle de préconisation actuel), avec une consommation sous forme d'amidon pour 57% et sous forme de sucres pour 43%.

3.3. Sources

Les glucides sont les constituants organiques les plus abondants dans la matière vivante. Leur principale source est le milieu végétal. On les trouve principalement dans les fruits secs, les fruits frais, les céréales, le pain complet, le miel, le sucre complet, les tubercules, le lait, etc...

Les aliments dans lesquels on trouve le plus de glucides sont :

- les pâtes alimentaires : 75% (75 grammes de glucides pour 100 g de pâtes)
- les légumes secs : 59 %
- le pain : 50 %
- la banane : 30 %
- le riz : 22 %
- la pomme de terre : 20 %

III. Micronutriments : vitamines et minéraux

1. Vitamines

Ce sont des substances organiques, jouant le rôle de coenzyme ou de catalyseur cellulaire, indispensables en infime quantité à la croissance et au bon fonctionnement de l'organisme, donc à la vie.

On peut distinguer deux grandes familles de vitamines : les vitamines hydrosolubles et les vitamines liposolubles, dont les propriétés physico-chimiques diffèrent.

Les vitamines dites liposolubles sont les vitamines A, D, E et K. (13)

Comme leur nom l'indique, leur absorption dépend des lipides. Leur stockage est effectué essentiellement au niveau des tissus adipeux, et prolongé, d'où une élimination lente qui s'effectue principalement dans les selles.

Les vitamines dites hydrosolubles sont les vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12 et C.

Leur stockage va être plus faible et de courte durée, avec une élimination rapide, essentiellement par les urines.

1.1. La vitamine A

❖ Origine de la vitamine A

Le terme de vitamine A regroupe divers éléments : le rétinol libre et estérifié présents dans l'alimentation, des métabolites produits dans l'organisme et responsables de son activité biologique (rétinol et acides rétinoïques), ainsi que les caroténoïdes provitaminiques (bêta-carotène, alpha-carotène et bêta cryptoxanthine). (4)

On peut citer par exemple le bêta-carotène, provitamine A retrouvée dans de nombreux fruits et légumes, qui peut être bioconverti en vitamine A grâce à une enzyme appelée la bêta-carotène 15,15' monooxygenase 1 (ou BCMO1), produite par notre organisme en fonction des besoins métaboliques.

Certains éléments peuvent influencer sur cette bioconversion :

- Le génotype et l'origine ethnique de l'individu :
 - Par exemple, les populations asiatiques auraient une conversion moins efficace suite à une mutation de cette enzyme ;
- Un déficit en zinc, en vitamine C et en protéines pourrait altérer cette transformation ;
- L'alcool, en augmentant les pertes urinaires en zinc, réduirait également cette biotransformation.

En raison de la conversion incomplète de ces caroténoïdes pro-vitaminiques en rétinol, l'activité vitaminique de ces composés est exprimée en équivalent rétinol (ER) selon les formules suivantes :

1 microgramme de rétinol = 1 microgramme ER

1 microgramme de bêta-carotène = 1/12 microgramme ER

❖ Fonctions de la vitamine A

La vitamine A est indispensable en raison de son implication dans la régulation de l'expression du génome. Le rétinol est également indispensable à la vision et participe au bon fonctionnement du système immunitaire, à la santé des épithéliums muqueux (notamment celui de l'œil) et à la croissance.

❖ Besoins en vitamine A

Les apports en vitamine A sont exprimés en microgramme d'équivalent d'activité rétinol (EAR). Pour obtenir 1 microgramme d'équivalent rétinol, il faut consommer :

- 1 microgramme de vitamine A proprement dite (aliment ou supplément)
- 2 microgrammes de bêta-carotène (supplément dans une base d'huile)
- 12 microgrammes de bêta-carotène (aliment)
- 24 microgrammes d'alpha-carotène (aliment)
- 24 microgrammes de bêta-cryptoxanthine (aliment). (14)

Diverses approches ont été réalisées pour déterminer les références nutritionnelles pour la population concernant la vitamine A.

L'approche retenue par l'ANSES a été celle de l'EFSA (Autorité Européenne de sécurité des aliments) en 2015.

Concernant les hommes de plus de 18 ans :

- Le BNM est de 570 microgrammes d'ER par jour,
- La RNP est de 750 microgrammes d'ER par jour.

Concernant les femmes de plus de 18 ans :

- Le BNM est de 490 microgrammes d'ER par jour,
- La RNP est de 650 microgrammes d'ER par jour.

La limite supérieure de sécurité est fixée à 3mg par jour, pour des considérations d'effets hépatotoxiques et tératogènes. (4)

❖ Sources alimentaires de vitamine A

La vitamine A, à proprement parlé (rétinol), ne se trouve que dans les aliments d'origine animale : foie, viande, poisson, lait entier, beurre, œufs, fromage etc.

Les caroténoïdes pro-vitaminiques sont, quant à eux, fournis par les fruits et légumes, dont certains en contiennent de grandes quantités : carottes, abricots, mangues, légumes verts, patates douces, persil etc.

Le bêta carotène ne se transforme en vitamine A que si l'organisme en a besoin.

L'absorption optimale du bêta-carotène contenu dans les végétaux demande un peu de matière grasse (en raison du fait qu'il s'agit d'une vitamine liposoluble).

Ainsi, on peut recommander de cuire les carottes avec une cuillère d'huile d'olive, ou à ajouter une ou deux noix à un jus d'abricots.

1.2. Vitamine B1

❖ Origine de la vitamine B1

Le pyrophosphate de thiamine (TPP) correspond à la forme active de la vitamine B1. Il est produit par estérification de la fonction alcool primaire de la thiamine au niveau du foie.

C'est cette thiamine qui est retrouvée dans l'alimentation. (4)

❖ Fonctions de la vitamine B1

Le TPP est le coenzyme d'un grand nombre de systèmes enzymatiques intervenant dans les réactions de transcétolisation (c'est à dire la voie des pentoses phosphates) et de décarboxylation oxydative du pyruvate et des autres acides alpha-cétoniques. Il est principalement impliqué dans le métabolisme glucidique.

❖ Besoins en vitamine B1

Les besoins en vitamine B1 sont donc dépendants de l'apport glucidique. Les références nutritionnelles sont établies en mg/jour, en tenant compte des recommandations relatives à la contribution des macronutriments et à la couverture des besoins énergétiques.

En raison de l'absence de valeurs de référence proposées par l'EFSA et compte tenu du consensus de valeurs proposées par les différentes instances considérées, les valeurs de référence relatives à l'apport énergétique telles que proposées en 2001 par l'AFSSA sont celles qui ont été retenues, à savoir :

- Pour les hommes de plus de 18 ans : l'AS est de 0,14 mg/MJ/j soit 1,5mg/jour,
- Pour les femmes de plus de 18 ans : l'AS est de 0,14 mg/MJ/j soit 1,2mg/jour.

Aucune limite de sécurité n'a pu être établie compte tenu des données disponibles et de l'absence de toxicité à forte dose. (4)

❖ Sources alimentaires de vitamine B1

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires de thiamine sont : la levure alimentaire, les produits céréaliers complets, la viande (particulièrement le porc), et les oléagineux. (15)

D'après l'étude INCA3, les principaux aliments riches en thiamine consommés par les français sont la charcuterie (11,4%), les pains et produits de panification sèche tels que les biscottes (9,2%), la viande (9,0%), les légumes (7,6%) et les céréales de petit déjeuner (5,1%). (16)

1.3. Vitamine B2

❖ Origine de la vitamine B2

La vitamine B2, aussi appelée riboflavine, est le précurseur des coenzymes FMN (flavine mononucléotide), FAD (flavine adénine dinucléotide) et des composés qui contiennent de la flavine liée par une liaison covalente.

Elle intervient sous forme de deux coenzymes dans l'activité de plus d'une centaine de flavoprotéines catalysant des transferts d'électrons (électrons-transférases), en particulier dans les chaînes respiratoires, ou des réactions de déshydrogénation (par des déshydrogénases). (4)

❖ Fonctions de la vitamine B2

Les coenzymes flaviniques jouent un rôle dans :

- Le catabolisme des acides gras, de certains acides aminés et des bases puriques ;
- La transformation du succinate en fumarate (entrée dans le cycle de Krebs) ;
- La chaîne respiratoire.

❖ Sources alimentaires de vitamine B2

D'après les données de la table CIQUAL, la riboflavine est principalement présente dans les abats, le lait et les produits laitiers. (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B2 chez les adultes français sont le café (10,4%), le lait (8,8%), les produits ultra-frais laitiers (8,8%), les fromages (8,4%) et la viande (6,8%). (16)

❖ Besoins en vitamine B2

Les besoins et apports recommandés en vitamine B2 sont souvent corrélés à l'énergie ingérée, en raison de leur rôle dans le métabolisme énergétique.

Pour les mêmes raisons qu'évoquées précédemment, c'est l'estimation relative à l'apport énergétique proposée en 2001 par l'AFSSA qui a été retenue :

- Pour les hommes de plus de 18 ans : l'apport suffisant est de 0,17mg/MJ/jour, soit 1,8mg/jour ;
- Pour les femmes de plus de 18 ans : l'apport suffisant est de 0,17mg/MJ/jour, soit 1,5 mg/jour.

Aucune limite supérieure de sécurité pour la vitamine B2 n'a pu être établie par l'EFSA compte tenu des données disponibles et de la faible toxicité observée à forte dose. (4)

1.4. Vitamine B3

❖ Origine de la vitamine B3

La niacine, également appelée vitamine B3 ou vitamine PP (« *Pellagra preventiva* »), est le terme générique pour l'acide nicotinique et le nicotinamide.

Elle est le précurseur du NAD⁺ (nicotinamide adénine dinucléotide) et du NADP⁺ (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate). (4)

❖ Fonctions de la vitamine B3

Elle est nécessaire, comme cofacteur d'oxydoréduction, au métabolisme du glucose, des acides aminés et acides gras.

Le nicotinamide, l'une des deux substances possédant l'activité biologique de la niacine, peut être synthétisé à partir du tryptophane (l'un des acides aminés essentiels).

❖ Sources alimentaires de la vitamine B3

D'après les données de la table CIQUAL, la niacine est présente dans la viande (en particulier la volaille), les abats (en particulier le foie), les charcuteries, les poissons ainsi que les produits de la mer. (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B3 pour les adultes français sont les produits carnés (volaille et gibier : 14,7%, viande : 13,5%, charcuterie : 8,9%), puis le pain et les produits de panification sèche (7,2%) et enfin les poissons (6,4%). (6)

❖ Besoins en vitamine B3

Comme dit précédemment, la vitamine B3 regroupe l'acide nicotinique et le nicotinamide (niacine préformée provenant de l'alimentation). Elle peut être synthétisée par le foie à partir du tryptophane. On exprime l'apport en vitamine B3 en équivalent niacine (EN) à partir des teneurs en niacine préformée (1mg de niacine = 1mg EN) et en tryptophane (1mg EN = 60mg de tryptophane) des aliments.

Du fait du rôle de la vitamine B3 dans le métabolisme énergétique et protéique, les besoins et les recommandations sont souvent exprimés en mg EN/MJ.

Les références nutritionnelles retenues ont été celles rapportées à l'énergie fixées par l'EFSA, du même ordre de grandeur que celles proposées par les autres organisations.

A titre indicatif, une estimation en valeur absolue a été calculée sur la base d'un apport énergétique de 2600kcal pour les hommes et 2100kcal pour les femmes, d'après l'estimation des besoins énergétiques dans la population de l'étude INCA2 et est présentée ci-dessous :

- Pour les hommes de plus de 18 ans :
 - Le BNM est estimé à 1,3mg EN/MJ/j, soit 14,4 mg/jour,
 - La RNP est estimée à 1,6mg EN/MJ/j, soit 17,4 mg/jour,
- Pour les femmes de plus de 18 ans :
 - Le BNM est estimé à 1,3mg EN/MJ/j, soit 11,4 mg/jour,
 - La RNP est estimée à 1,6mg EN/MJ/j, soit 14 mg/jour.

La limite supérieure de sécurité a été déterminée par l'EFSA à 10mg/jour pour l'acide nicotinique et à 900mg/jour pour le nicotinamide.

Cependant, ces deux formes d'apports ne sont pas différenciées dans les tables nutritionnelles. (4)

1.5. Vitamine B5

❖ Origine & fonctions de la vitamine B5

La vitamine B5, également appelée acide pantothénique, joue un rôle structurel essentiel pour le fonctionnement du coenzyme A (CoA).

Elle est nécessaire à la synthèse de la protéine porteuse d'acyle (ACP) et est ainsi indispensable au métabolisme des glucides, des acides aminés et des acides gras. (4)

❖ Sources alimentaires de la vitamine B5

D'après les données de la table CIQUAL, les sources principales sont le lait et les produits laitiers, les produits céréaliers complets, les légumes secs, les viandes et les légumes. (15)

Selon l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B5 pour les adultes français sont le café (10,4%), le pain et les produits de panification sèche (7,0%), la volaille et le gibier (6,3%), le lait (6,0%) et les ultra-frais laitiers (5,7%) puis les légumes (5,7%). (6)

❖ Besoins en vitamine B5

A ce jour, toutes les agences nationales et internationales ont conclu que les données étaient insuffisantes pour établir un BNM pour la vitamine B5.

Dans son avis de 2014, l'EFSA a estimé qu'il n'y avait pas de biomarqueurs adéquats permettant de définir un BNM et a donc proposé un apport suffisant (AS) pour tous les groupes de population, basé sur la moyenne des consommations observées dans différentes enquêtes nationales de consommation réalisées au sein de l'Union Européenne, en l'absence de données suggérant que cet apport pourrait être insuffisant.

Ainsi, la valeur moyenne de la consommation de la population française (étude INCA2) hors compléments alimentaires est retenue comme apport satisfaisant :

- Pour les hommes de plus de 18 ans, l'AS est fixé à 5,8mg/jour ;
- Pour les femmes de plus de 18 ans, l'AS est fixé à 4,7mg/jour.

En raison des données disponibles, l'EFSA n'a pas proposé de limite supérieure de sécurité pour la vitamine B5. Des apports excédant très largement les niveaux de consommation généralement observés ne semblent pas poser de problème pour la sécurité de la population. (4)

1.6. Vitamine B6

❖ Origine et fonctions de la vitamine B6

Cette vitamine comprend 6 composés :

- Le pyridoxal (PL),
- La pyridoxine (PN),
- La pyridoxamine (PM),
- Et leurs dérivés 5-phosphate : PLP, PNP et PMP.

Dans les tissus animaux, on retrouve principalement le PLP et le PMP, et dans les végétaux la PN et la PNP.

Le PLP est le coenzyme d'une centaine d'enzymes impliquées dans le métabolisme des acides aminés. Le PLP est aussi un cofacteur des décarboxylases impliquées dans la synthèse des neurotransmetteurs. (4)

❖ Sources alimentaires de vitamine B6

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires sont à la fois végétales (céréales sous toutes leurs formes, légumes amylacés, produits dérivés du soja, fruits autres qu'agrumes) et animales (foie de bœuf, de veau, de porc et de volailles, poisson). (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B6 pour les adultes français sont la viande (10,4%), les volailles (8,1%), les légumes (8,3%), les fruits (8,1%), les pommes de terre (7,7%), la charcuterie (5,5%), les pains et produits de panification (5,3%), et les céréales du petit déjeuner (5,2%). (6)

❖ Besoins en vitamine B6

La valeur retenue est celle définie par l'AFSSA en 2001, proche des valeurs proposées par l'IOM et les autres agences :

- Pour les hommes de plus de 18 ans, l'apport satisfaisant est fixé à 1,8mg/jour ;
- Pour les femmes de plus de 18 ans, l'apport satisfaisant est fixé à 1,5mg/jour.

Compte tenu des données disponibles, l'EFSA a proposé une limite maximale de consommation pour les adultes à 25mg/jour. (4)

1.7. Vitamine B9

❖ Origine et fonctions de la vitamine B9

La vitamine B9 est un terme général qui regroupe les folates, appelés également ptéroylpolyglutamates (molécules comprenant de 1 à 7 résidus glutamates reliés en chaîne au glutamyl constitutif) naturellement présents dans l'alimentation, et l'acide folique (forme oxydée du monoglutamate), qui est la forme synthétique présente dans les aliments enrichis, les compléments alimentaires et les médicaments.

La forme métaboliquement active de la vitamine B9 est la forme totalement réduite des folates, appelée tétrahydrofolates ou THF. Les THF sont des donneurs de méthyle nécessaires au métabolisme des acides aminés et à la synthèse des acides

nucléiques. Ces derniers sont nécessaires à la division cellulaire. La déficience se manifeste donc d'abord dans les tissus à croissance rapide comme les cellules sanguines.

Un des rôles majeurs des folates est la reméthylation de l'homocystéine en méthionine, réaction catalysée par la méthylène-tétrahydrofolate réductase (MTHFR) et qui implique la vitamine B12. Pour cette raison, la concentration en homocystéine est parfois utilisée comme marqueur du statut en folates. Cependant, il s'agit d'un marqueur non spécifique dans la mesure où la concentration plasmatique d'homocystéine dépend également de l'activité d'autres vitamines du groupe B (B12, B6, B2). Les concentrations plasmatiques et érythrocytaires en folates constituent d'autres marqueurs du statut en vitamine B9. (4)

❖ Sources alimentaires de la vitamine B9

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires sont les légumineuses, les légumes à feuilles, les foies (agneau, veau, bœuf, canard). La levure de bière et le germe de blé sont les plus riches en vitamine B9. (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B9 pour les adultes français sont les légumes (20,1%), les pains et produits de panification (10,4%), les fruits (9,4%), les fromages (5,9%) et les ultra-frais laitiers (5,2%). (6)

❖ Besoins en vitamine B9

L'acide folique est plus stable que les folates et présente une meilleure biodisponibilité, pouvant atteindre 85%, tandis que celle des folates naturels est de l'ordre de 50%.

Pour tenir compte de cette différence de biodisponibilité, la notion d'équivalents folates alimentaires (EFA) est utilisée. Ainsi, 1 microgramme d'EFA équivaut à 1 microgramme de folates alimentaires et à 0,6 microgramme d'acide folique.

Les valeurs retenues sont celles qui ont été proposées par l'EFSA :

- Pour les hommes et femmes de plus de 18 ans :
 - Le BNM est fixé à 250 microgrammes/jour EFA
 - La RNP est fixée à 330 microgramme/jour EFA

Pour les femmes en période périconceptionnelle (huit semaines avant et huit semaines après la conception), la nécessité d'un apport supplémentaire permettant d'atteindre

400 microgrammes/jour EFA pour réduire le risque d'anomalie de fermeture du tube neural est recommandée.

La limite supérieure de sécurité est fixée à 1mg/jour chez l'adulte, ne concernant que l'acide folique qui est la forme synthétique retrouvée dans les aliments enrichis, les médicaments et les compléments alimentaires. En revanche, il a été considéré qu'il n'y a pas de risque à avoir une consommation élevée de folates, forme naturelle de la vitamine B9. (4)

1.8. Vitamine B12

❖ Origine et fonctions de la vitamine B12

Le terme cobalamine, aussi appelée vitamine B12, désigne les molécules à base de cobalt et susceptibles d'être converties en deux coenzymes actives chez l'homme :

- La méthyl-cobalamine : cofacteur permettant le transfert de méthyle du 5-méthyl-tétrahydrofolate (5-MTHF, un métabolite de la vitamine B9) à l'homocystéine pour former la méthionine.
- La 5-déoxyadénosyl-cobalamine est impliquée dans le métabolisme du propionate dans la mitochondrie.

Il existe une interaction entre le métabolisme de la vitamine B9 et celui de la vitamine B12 dû à leurs rôles dans les processus de méthylation, notamment à la re-méthylation de l'homocystéine. (4)

❖ Sources alimentaires de vitamine B12

La vitamine B12 est exclusivement synthétisée par des bactéries et est présente dans les aliments d'origine animale, liée à des protéines.

Les sources végétales alimentaires sont naturellement dépourvues de vitamine B12 biodisponible. Certains produits végétaux ayant subi une fermentation bactérienne, tels que la bière, peuvent contenir de la cobalamine, mais en très faible quantité. (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine B12 pour les adultes français sont les abats (20,1%), la viande (15,9%), les poissons (14,4%), le fromage (7%) et la volaille et gibier (5%). (6)

❖ Besoins en vitamine B12

Aucun des marqueurs de l'activité métabolique de la cobalamine n'est à lui seul suffisant pour refléter l'ensemble des fonctions métaboliques de la cobalamine.

La démarche suivie par l'EFSA, basée sur la prise en compte des quatre biomarqueurs est retenue ainsi que l'apport satisfaisant proposé chez les hommes et les femmes à savoir,

- Pour les hommes et les femmes de plus de 18 ans, l'apport satisfaisant est fixé à 4 microgrammes/jour.

Il n'existe pas à ce jour de limite supérieure de sécurité d'apport alimentaire, du fait de l'absence de toxicité et notamment de carcinogénéicité aux doses considérées. (4)

1.9. Vitamine C

❖ Origine et fonctions de la vitamine C

La vitamine C, également appelée acide ascorbique, possède un rôle de coenzyme dans le fonctionnement d'un nombre limité d'enzymes, notamment pour la synthèse de la carnitine et l'hydroxylation de la proline du collagène. Ce dernier rôle explique ainsi les symptômes touchant le tissu conjonctif observés en cas de déficit important conduisant au scorbut.

Elle intervient dans de grandes fonctions de l'organisme : défense contre les infections virales et bactériennes, protection de la paroi des vaisseaux sanguins, assimilation du fer, action anti-oxydante, détoxification de substances cancérigènes, cicatrisation.

Elle favorise également l'absorption du fer non héminique. (4) (17)

❖ Sources alimentaires de la vitamine C

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires sont les fruits (tel que le cassis et les agrumes), et les légumes (en particulier le persil et le poivron rouge). (15)

Les résultats de l'enquête INCA3 confirment cela. (6)

❖ Besoins en vitamine C

Les valeurs nutritionnelles de référence retenues sont les suivantes :

- Chez les hommes et femmes de plus de 18 ans :
 - BNM : 90 milligrammes par jour
 - RNP : 110 milligrammes par jour

Les données sont considérées insuffisantes pour déterminer une limite de sécurité pour la vitamine C. (4)

1.10. Vitamine D

❖ Origine et fonctions de la vitamine D

Dans l'alimentation, la vitamine D est présente sous deux formes :

- La vitamine D2 (ergocalciférol), produite par les végétaux
- La vitamine D3 (cholécalfiérol), d'origine animale.

Ces deux formes de vitamine D ont une activité biologique identique chez l'homme.

Dans l'organisme, la vitamine D est synthétisée par les cellules profondes de l'épiderme sous l'action directe des rayonnements ultraviolets (soleil).

Afin d'être active, la vitamine D doit subir une conversion en 1,25-dihydroxyvitamine D afin d'assurer une minéralisation des tissus minéralisés (os, cartilages et dents) pendant et après la croissance et contribuer, avec l'hormone parathyroïdienne, appelée également parathormone (PTH), au maintien de l'homéostasie calcique. (4)

❖ Sources alimentaires de la vitamine D

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires sont l'huile de foie de morue et les poissons gras. (15)

D'après l'enquête INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine D chez l'adulte français sont les poissons (38,3%), les œufs (9,9%) et les fromages (8,2%). (6)

❖ Besoins en vitamine D

Les références nutritionnelles retenues sont les suivantes :

- Pour les femmes et hommes de plus de 18 ans :
 - BNM : 10 microgrammes/jour, soit 400 UI/jour
 - RNP : 15 microgrammes/jour, soit 600 UI/jour

La limite supérieure de sécurité a été fixée par l'EFSA en 2012 à 100 microgrammes/jour (soit 4000 UI/jour). (4)

1.11. Vitamine E

❖ Origine et fonctions de la vitamine E

La vitamine E est un terme générique regroupant 4 tocophérols (alpha, bêta, delta et gamma) et 4 tocotriénols (alpha, bêta, delta et gamma).

Sa principale propriété est sa fonction anti-oxydante, active notamment pour bloquer la peroxydation lipidique. Elle nécessite l'activité de la vitamine C, pour être régénérée et ainsi récupérer son pouvoir antioxydant.

De la même façon, l'activité de la glutathion peroxydase participe à la réduction de la vitamine E oxydée. (4)

❖ Sources alimentaires de vitamine E

D'après les données de la table CIQUAL, les principales sources alimentaires sont les huiles végétales et les fruits à coque. (15)

D'après les données de l'étude INCA3, les principaux aliments contributeurs de vitamine E consommés chez l'adulte français sont les huiles (26%), la margarine (8,2%), les légumes (6,8%) et les fruits (5,8%). (6)

❖ Besoins en vitamine E

Afin d'établir des références nutritionnelles en terme de vitamine E, la démarche de l'EFSA a été suivie. Un apport satisfaisant a ainsi été établi sur la base de la valeur moyenne de consommation française, hors produits enrichis et compléments alimentaires (telle qu'estimée dans l'étude INCA 2) et du constat d'absence d'éléments susceptibles de traduire une déficience d'apport en vitamine E dans cette population.

Cet apport moyen est un peu plus faible que celui rapporté par l'EFSA :

- Pour les hommes de plus de 18 ans :
 - AS : 10,5 milligrammes/jour
- Pour les femmes de plus de 18 ans :
 - AS : 9,9 milligrammes/jour

La limite de sécurité a, quant à elle, été établie à 300mg/jour. (4)

1.12. Vitamine K

❖ Origine et fonctions de la vitamine K

Le terme de vitamine K regroupe différentes substances de la famille des quinones :

- La phylloquinone, aussi appelée vitamine K1. Retrouvée uniquement dans les plantes (donc apport alimentaire), elle est soluble dans les graisses et insoluble dans l'eau ;
- Les ménaquinones, aussi appelées vitamines K2. Elles sont synthétisées par des micro-organismes (bactéries de l'intestin de l'homme par exemple) et sont également solubles dans les graisses.
- La ménadione, aussi appelée vitamine K3. Il s'agit d'une forme synthétique de la vitamine K, qui est retrouvée dans les médicaments. Elle est soluble dans l'eau, et est convertie en vitamine K2 dans le corps.

La vitamine K est nécessaire à la synthèse par le foie des facteurs II, VII, IX, X et du complexe antithrombotique, qui sont indispensables à la coagulation sanguine.

❖ Sources alimentaires de vitamine K

La vitamine K est apportée par quelques aliments essentiellement végétaux (chou frisé, épinards, choux de Bruxelles), et par les farines de poissons.

Cet apport n'est pas nécessaire chez l'homme car elle est normalement produite par les bactéries intestinales (sauf chez le nourrisson).

❖ Besoins en vitamine K

L'apport suffisant établi est de 120 microgrammes/jour chez l'homme, et de 90 microgrammes/jour chez la femme.

Il n'existe à ce jour aucune étude scientifique prouvant les effets délétères d'un excès de vitamine K. (18)

2. Minéraux

2.1. **Calcium**

❖ Origines et fonctions du calcium

Le calcium est le constituant majeur de l'os et le minéral le plus abondant de l'organisme (1 à 2% du poids corporel).

Il est impliqué dans de nombreuses fonctions telles que le contrôle de la contraction musculaire, la transmission nerveuse, la fonction vasculaire et la coagulation. Il joue également un rôle clé dans la minéralisation du squelette, ainsi que dans de nombreuses fonctions biologiques telles que la contraction musculaire, l'excitabilité neuromusculaire, la vasomotricité, la coagulation sanguine, la perméabilité membranaire, la libération d'hormones, l'activation d'enzymes ainsi que la signalisation cellulaire.

La calcémie est régulée par la parathormone, le métabolite actif de la vitamine D et la calcitonine, et ce en lien avec les réserves osseuses. La régulation du métabolisme calcique intervient au niveau de l'absorption intestinale et de l'excrétion urinaire du calcium, de la résorption et de la formation de la matrice osseuse. (4)

❖ Sources alimentaires de calcium

D'après les données de la table CIQUAL, les aliments les plus riches en calcium sont les produits laitiers, les légumineuses et fruits à coque, les produits céréaliers, certains légumes feuilles (choux, blettes, épinards...), les fruits de mer et certaines eaux dures. (15)

D'après les données de l'étude INCA3, les aliments les plus contributeurs de l'apport calcique chez l'adulte français sont les produits laitiers (42,7%), les eaux (10,3%), les pains et produits de panification (5,5%), ainsi que les légumes (5,2%). (16)

❖ Besoins en calcium

Les recommandations retenues sont celles qui ont été proposées par l'EFSA, à savoir :

- Pour les hommes et les femmes adultes de moins de 24 ans :
 - BNM : 860 milligrammes/jour
 - RNP : 1000 milligrammes/jour

- Pour les hommes et les femmes adultes de plus de 24 ans :
 - BNM : 750 milligrammes/jour
 - RNP : 950 milligrammes/jour

La limite supérieure de sécurité est fixée à 2500 milligrammes/jour. (4)

2.2. Fer

❖ Origines et fonctions du fer

La majorité (70%) du fer contenu dans l'organisme se trouve sous forme héminique, c'est à dire associé à l'hémoglobine ou à la myoglobine. Le reste est sous forme non héminique, sous formes de transport et de réserve.

Il joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques, telles que :

- La respiration : en tant que constituant de l'hémoglobine, il est impliqué indirectement dans les échanges gazeux avec le monde extérieur ;
- La fonction musculaire : en tant que constituant de la myoglobine, forme de réserve de l'oxygène dans le muscle ;
- L'activité d'enzymes impliquées dans de nombreux métabolismes : activité mitochondriale (transport des électrons), défense anti-radicalaire (cofacteur de la catalase et de peroxydases), synthèse d'ADN. (4)

Les réserves en fer dans l'organisme sont finement régulées afin d'éviter toute surcharge qui pourrait être délétère pour l'organisme.

La majeure partie du fer de l'organisme provient du recyclage du fer érythrocytaire. Le fer alimentaire sert essentiellement à combler les pertes et à répondre à l'accroissement des besoins dans certaines situations physiologiques. Ainsi, la capacité d'absorption est augmentée ou réduite en fonction des besoins.

❖ Sources alimentaires de fer

D'après les données du CIQUAL, les aliments les plus riches en fer sont les épices, le chocolat, les céréales du petit-déjeuner, les produits carnés et les légumineuses. (15)

D'après les données de l'étude INCA3, les principaux aliments contributeurs aux apports de fer de la population française sont les viandes et les charcuteries (14,9%), le pain et les produits de panification (9,7%), les légumes (8,7%) et les boissons alcoolisées (6,7%). (16)

❖ Besoins en fer

Les recommandations nutritionnelles retenues sont les suivantes :

- Pour les hommes :
 - BNM : 6 milligrammes/jour
 - RNP : 11 milligrammes/jour
- Pour les femmes :
 - BNM : 7 milligrammes/jour
 - RNP pour des femmes ayant des pertes menstruelles faibles ou normales (80% de la population) : 11 milligrammes/jour
 - RNP pour des femmes ayant des pertes menstruelles élevées : 16 milligrammes/jour. (4)

2.3. Le magnésium

❖ Origines et fonctions du magnésium

Le magnésium présent dans le corps humain est localisé en majorité dans les os (50 à 60%) et dans les muscles (25%). (4)

Il intervient dans plus de 300 systèmes enzymatiques. Il est notamment impliqué dans de nombreuses voies métaboliques et fonctions physiologiques telles que la production d'énergie (glycolyse et ATP), la synthèse d'acides nucléiques et de protéines, la stabilité des membranes cellulaires, des protéines et des acides nucléiques, le transport ionique, la régulation de flux calciques, de nombreuses voies de signalisation cellulaire et la migration cellulaire.

De ce fait, le déficit en cet élément peut avoir des conséquences à de nombreux niveaux.

En condition physiologique, 30 à 50% du magnésium alimentaire est absorbé. Le rein est le principal organe impliqué dans l'homéostasie du magnésium.

❖ Sources alimentaires de magnésium

D'après les données du CIQUAL, les aliments les plus riches en magnésium sont les oléagineux, le chocolat, le café, les céréales complètes ainsi que les mollusques et les crustacés. (15)

D'après l'étude INCA3, les principaux aliments contributeurs aux apports de magnésium chez l'adulte français sont les produits laitiers (25,7%), les poissons (9,9%) et le pain et les produits de panification (7%). (16)

❖ Besoins en magnésium

Les références nutritionnelles retenues sont les suivantes :

- Pour l'homme :
 - AS : 420 milligrammes/jour
- Pour la femme :
 - AS : 360 milligrammes/jour

La limite supérieure de sécurité est fixée à 250 milligrammes/jour. (4)

2.4. Le potassium

❖ Origine et fonctions du potassium

Le potassium est le principal cation intracellulaire de l'organisme. Il est principalement impliqué, avec le sodium, dans le potentiel membranaire.

Il joue un rôle fondamental dans la transmission nerveuse, la contraction musculaire et la fonction cardiaque.

Il est également impliqué dans la sécrétion d'insuline, dans les métabolismes glucidique et protéique, ainsi que dans l'équilibre acido-basique. (4)

❖ Sources alimentaires de potassium

D'après les données du CIQUAL, les aliments les plus riches en potassium sont le café, le chocolat, les épices, et les fruits et légumes. (15)

D'après les données de l'étude INCA3, les principaux aliments contributeurs aux apports en potassium chez l'adulte français sont les légumes (10,6%), les fruits (9,1%), les pommes de terre (8,2%) et les viandes (5,2%). (16)

❖ Besoins en potassium

Le choix d'une référence nutritionnelle pour le potassium est conditionné par l'apport en sodium : ratio équimolaire de sodium et de potassium.

2.5. Le sodium

❖ Origine et fonctions du sodium

Le sodium est le principal cation du liquide extracellulaire. Il est généralement présent sous sa forme associée au chlore : chlorure de sodium (NaCl).

Le sodium est constamment échangé entre les compartiments intra- et extracellulaires afin de maintenir son homéostasie. (4)

Son rôle essentiel est le maintien du potentiel membranaire, essentiel pour les transmissions nerveuses et la contraction musculaire.

Il joue également un rôle dans l'absorption intestinale du chlore, des acides aminés, du glucose, de l'eau.

❖ Sources alimentaires de sodium

D'après les données du CIQUAL, les aliments les plus riches en sodium sont le sel, les condiments et les sauces ainsi que la charcuterie. (15)

D'après les données de l'étude INCA3, les principaux contributeurs aux apports en sodium chez l'adulte français sont le pain et les produits de panification (26,1%), la charcuterie (11,3%), les condiments et les sauces (8,6%), les plats composés (8,3%) ainsi que le fromage (6,9%). (16)

IV. L'eau

L'eau est le principal constituant du corps humain, la quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte étant de 65%.

Cette teneur varie selon plusieurs facteurs :

- La corpulence
- L'âge...

Il n'y a pas de stockage d'eau dans l'organisme. L'eau est éliminée en permanence par les urines, la respiration et la transpiration.

Les quantités d'eau perdues vont varier en fonction de l'activité physique et de l'environnement du sujet : plus il fait chaud, plus l'activité physique est intense, plus les pertes en eau vont être importantes. L'homme va donc devoir compenser ses pertes en buvant mais également en mangeant (les aliments contenant également une part non négligeable en eau).

La sensation de soif est un mécanisme physiologique qui permet d'avertir l'organisme de la déshydratation. Mais contrairement à de nombreuses idées reçues, l'hydratation doit être régulière et il ne faut en aucun cas attendre d'avoir soif pour boire.

L'eau est la seule boisson essentielle à l'organisme.

En 2010, l'EFSA a défini un apport satisfaisant en eau pour les hommes et femmes adultes ayant un mode de vie modérément actif et vivant dans un milieu tempéré. Cet apport satisfaisant concerne toutes les sources d'eau, c'est-à-dire l'eau de boisson, l'eau présente dans les autres boissons et l'eau contenue dans les aliments. (4)

Il a ainsi été défini à 2 L/j pour les femmes et à 2,5 L/j pour les hommes.

V. L'équilibre alimentaire

L'équilibre alimentaire repose sur une répartition inégale entre les différents macronutriments :

- 35 à 40% de l'énergie totale sous forme de lipides ;
- 10 à 20% de l'énergie totale sous forme de protéines ;
- 40 à 55% de l'énergie totale sous forme de glucides.

En pratique, on peut donner les repères alimentaires suivants (d'après le Haut Conseil de Santé Publique) :

- Fruits et légumes : au moins 5 par jour
- Fruits à coque sans sel ajouté (amandes, noix, noisettes, pistaches) : une petite poignée par jour
- Légumineuses : au moins 2 fois par semaine

- Produits céréaliers complets et peu raffinés : à consommer tous les jours, en privilégiant les produits complets ou peu raffinés par rapport aux produits raffinés
- Produits laitiers : 2 par jour
- Viande et volailles : limiter la consommation de viande rouge et privilégier la consommation de volaille
- Poisson et fruits de mer : 2 fois par semaine
- Charcuterie : consommation à limiter
- Matières grasses ajoutées : éviter les consommations excessives et privilégier les graisses insaturées (huiles de noix/colza/olive)
- Produits sucrés : consommation à limiter
- Boissons : la seule boisson recommandée est l'eau à volonté
- Sel : réduire la consommation de sel

Des conseils généraux peuvent également être donnés :

- Il n'y a pas d'aliment parfait, et pas d'aliment interdit. L'important est de veiller à ce que la journée alimentaire se rapproche des repères conseillés autant que possible, sans que chaque repas ne le soit forcément.
- Privilégier la diversité alimentaire.
- Éviter les portions et consommations excessives, qui doivent rester occasionnelles.
- Prendre le temps de manger et de profiter des repas.
- Éviter le grignotage et notamment la consommation de produits gras, salés et sucrés en dehors des repas principaux.
- Les produits grillés (avec un brunissement important) ne doivent pas être consommés de façon régulière. (19)

PARTIE 2 : PHYSIOLOGIE DE L'EXERCICE ET REGIME ADAPTE

Les aliments ingérés vont subir divers processus de dégradation en fonction de leur composition nutritionnelle en macronutriments et en micronutriments.

Ils seront directement utilisés ou stockés afin de servir de comburant aux différentes filières énergétiques existantes qui peuvent être sollicitées lors de la pratique d'un exercice physique.

Les dépenses énergétiques engendrées par l'activité physique nécessitent diverses adaptations alimentaires que l'on détaillera par la suite.

I. Digestion et métabolisme postprandial des nutriments

1. Digestion

La digestion débute tout d'abord avec l'ingestion des aliments. La mastication va permettre de découper les aliments, afin de pouvoir les avaler et d'améliorer leurs sensibilités aux sucs digestifs (gastrique et pancréatique).

La mastication apportera aussi le sentiment de satiété, via la libération de neurotransmetteurs.

La salive va également jouer un rôle. Il s'agit d'un liquide biologique produit par trois glandes principales (glande parotide, glande submandibulaire et glande sublinguale) ainsi que par des glandes accessoires. Elle va humidifier les aliments et démarrer le processus de digestion via l'action de l'amylase salivaire, aussi appelée ptyaline. Cette enzyme va hydrolyser les liaisons osidiques (d'où le terme de saccharidase) : elle va donc dégrader l'amidon pour donner des sucres disaccharidiques.

Le mélange ainsi formé prend le nom de bol alimentaire. Il va progresser à travers l'œsophage, constitué de diverses couches musculaires, permettant son arrivée au niveau de l'estomac.

Au niveau de l'estomac, un mélange s'effectue entre le bol alimentaire et le suc gastrique grâce aux muscles.

Le suc gastrique est sécrété par les glandes de la paroi gastrique. Il s'agit d'un liquide incolore, visqueux, dont le pH est très acide. Son débit est variable au cours de la journée, et est plus important au cours des repas. Le volume sécrété est d'environ 1L à 1,5L par 24h.

Il est majoritairement composé d'acide chlorhydrique HCl, produit grâce à la présence de pompes $H^+/K^+/ATPase$. Ce milieu acide ainsi produit favorise l'activation et l'action de la pepsine, et permet la suppression de la majeure partie des bactéries ingérées. On y retrouve également des substances organiques, telles que le mucus (qui va jouer un rôle protecteur vis à vis de l'acidité), le facteur intrinsèque (important dans le mécanisme d'érythropoïèse), ainsi que diverses enzymes et hormones.

Parmi les enzymes sécrétées, il y a la lipase gastrique, qui va agir sur les triglycérides apportés par l'alimentation, mais son action est peu importante.

En revanche, on retrouve en grande quantité le pepsinogène. Cette enzyme est dans un premier temps inactive, puis s'active grâce à l'acidité du milieu (hydrolyse du polypeptide inhibiteur lorsque le pH est inférieur à 5). Il s'agit d'une endoprotéase qui va agir à proximité des acides aminés aromatiques. Elle possède également une activité autocatalytique. (20)

L'estomac est aussi pourvu d'une activité endocrine, à travers laquelle on retrouve notamment la production de la gastrine.

Il s'agit d'une hormone polypeptidique sécrétée par les cellules G. Elle intervient dans la régulation de la croissance des cellules de la muqueuse gastrique et colique. Elle stimule également la sécrétion d'acide gastrique au niveau des cellules pariétales. (21)

Le pancréas possède un rôle clé dans la digestion. En effet, il sécrète le suc pancréatique, qui va fragmenter les aliments grâce à l'intervention de diverses enzymes, telles que l'amylase (pour la digestion des sucres), la lipase (pour la digestion des graisses) et la trypsine (pour la digestion des protéines).

Ces enzymes vont cliver les aliments afin d'obtenir des nutriments sous forme d'oligomères.

Si on reprend le parcours alimentaire, à la sortie de l'estomac, le bol alimentaire prend le nom de chyme. Celui-ci atteint le duodénum avant d'arriver dans l'intestin. A ce niveau, on retrouve l'ampoule de Vater, organe qui déverse la bile et les enzymes pancréatiques dans le duodénum. Elle est formée par la réunion du canal cholédoque (qui amène la bile issue du foie et de la vésicule biliaire) et du canal pancréatique principal (qui amène les sécrétions pancréatiques).

Le pH des sécrétions pancréatiques est neutre, permettant de neutraliser l'acidité du chyme.

C'est ensuite dans l'intestin grêle que la majeure partie de l'absorption des nutriments va avoir lieu, grâce à la présence de diverses enzymes.

Les glucides résultant de la digestion vont être absorbés et vont passer dans le sang.

Les acides gras issus de la digestion passeront vers le foie à travers la lymphe.

Les protéines, présentes sous formes d'acides aminés et de petits peptides, subiront également un passage sanguin en direction du foie.

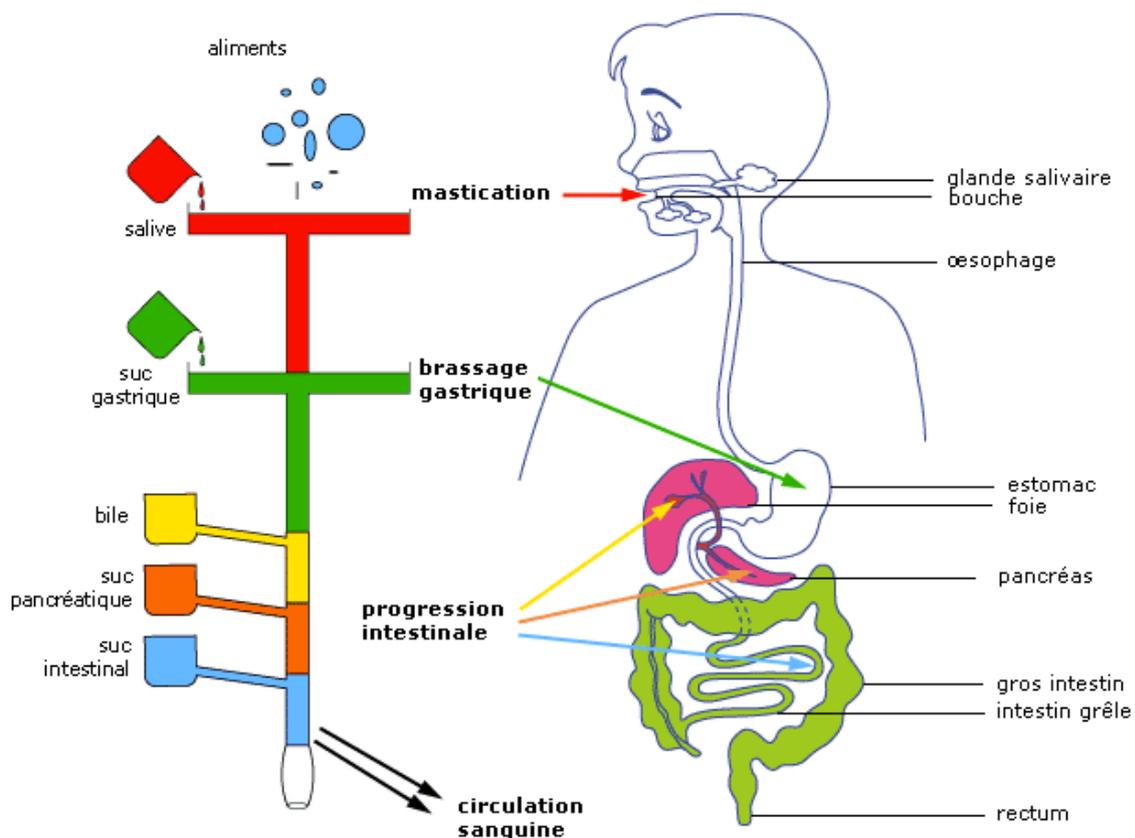


Figure n°5 : Représentation schématique de la digestion (22)

2. Métabolisme postprandial

2.1. **Métabolisme postprandial des glucides**

Intéressons-nous plus précisément aux glucides. Après l'ingestion d'un repas contenant des glucides, il y a élévation de la glycémie, suivant le mécanisme expliqué ci-dessus. Celle-ci va dépendre de la nature des glucides ingérés, de la teneur du repas en macronutriments et de la quantité ingérée.

L'absorption intestinale du glucose dépend en partie de la vitesse de la vidange gastrique. 30% du glucose absorbé est capté par le foie lors du premier passage hépatique. Le reste sera alors capté par les tissus périphériques (muscle squelettique et tissu adipeux). Ce captage sera favorisé par la présence d'insuline via une stimulation du transport du glucose vers l'intérieur de la cellule. (23)

❖ Métabolisme hépatique du glucose

Le captage du glucose au niveau du foie est assuré par le transporteur GLUT2. Le glucose est alors transformé en glucose-6-phosphate sous l'action d'une glucokinase, enzyme présente uniquement dans le foie et la cellule pancréatique. Son activité dépend de la concentration de glucose : plus la glycémie est importante, plus elle est stimulée.

Le glucose-6-phosphate formé peut avoir 3 devenir :

- L'oxydation,
- Le stockage sous forme de glycogène,
- La lipogénèse.

❖ Oxydation périphérique du glucose

L'oxydation du glucose s'effectue au niveau des tissus insulino-dépendants, tels que les muscles, grâce à la présence d'insuline.

L'insuline va agir par l'intermédiaire de deux mécanismes :

- Activation du transporteur GLUT4 (translocation au niveau de la membrane) permettant la pénétration du glucose dans les cellules ;
- Inhibition de la lipolyse, diminuant la disponibilité en acides gras libres.

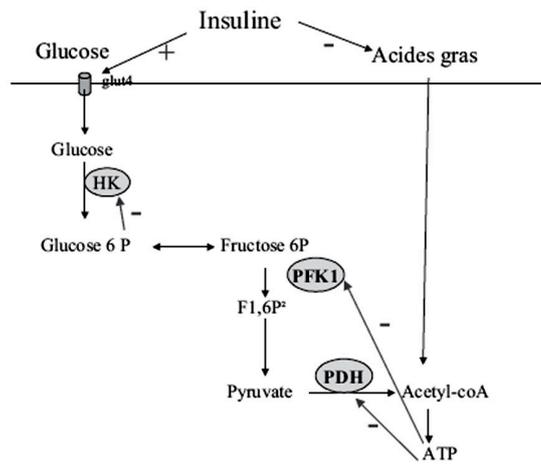


Figure n°6 : Schématisation de l'oxydation périphérique du glucose (23)

Cette oxydation est donc sous dépendance de trois enzymes : l'hexokinase (HK), la phosphofructokinase-1 (PFK1) et la pyruvate déshydrogénase (PDH).

L'oxydation des acides gras entraîne une production d'ATP, qui va inhiber la PDH et la PFK1, entraînant une augmentation de glucose-6-phosphate qui va lui-même inhiber l'hexokinase.

❖ Stockage du glucose

Le glucose est stocké dans le corps humain sous forme de glycogène.

La glycogénogénèse est la voie métabolique qui permet de mettre en réserve le glucose lorsque la glycémie est élevée, grâce à l'action de diverses enzymes :

glucose → glucose-6-phosphate → UDP-glucose → amylopectine → glycogène

Elle peut s'effectuer dans le foie et dans les muscles.

2.2. Métabolisme postprandial des lipides

Les lipides présents dans l'alimentation sont majoritairement présents sous forme de triglycérides.

Après action des lipases pancréatiques, les acides gras et les 2-mono-acylglycérols ainsi formés vont être absorbés par les entérocytes.

Une fois entrés dans l'entérocyte, les acides gras vont être pris en charge par un transporteur spécifique afin de les acheminer dans le réticulum endoplasmique lisse. Ils sont rejoints par les 2-mono-acylglycérols qui traversent par diffusion passive.

Ils sont ensuite recombinaés en triacylglycérols par les enzymes présentes dans le réticulum endoplasmique.

Ces triglycérides vont être associés sous forme de lipoprotéines, qui constituent une forme de transport des triglycérides alimentaires vers le tissu adipeux et les tissus périphériques.

Les lipides vont être à la fois stockés (dans le tissu adipeux) et pourront aussi être utilisés comme source énergétique via le processus de bêta-oxydation.

2.3. *Métabolisme postprandial des protéines*

Les acides aminés arrivant au foie sont oxydés par désamination. Ils peuvent être utilisés in situ pour la synthèse des protéines hépatiques ou peuvent passer dans le sang pour être captés par les tissus périphériques.

II. Les filières de synthèse énergétique

Toute contraction musculaire va nécessiter une consommation d'énergie. L'énergie nécessaire est fournie dans le corps humain grâce à la transformation d'adénosine di phosphate (ADP) en adénosine tri phosphate (ATP).

En revanche, la quantité d'ATP stockée dans l'organisme est très faible en raison de son poids moléculaire important. Il va donc être nécessaire d'en fabriquer continuellement afin de tenir un exercice de plusieurs secondes. C'est grâce aux différentes filières énergétiques que cela est possible.

1. Cas des exercices de très courte durée

Pour des exercices de très courte durée (entre 3 et 7 secondes), c'est la **filière anaérobie alactique** qui est utilisée pour synthétiser de l'ATP. Elle se déroule en l'absence d'oxygène et ne produit pas d'acide lactique. On l'appelle également filière créatine-phosphate.

Dans le muscle, la créatine phosphate est présente de manière 3 à 4 fois plus abondante que l'ATP. Sous l'action de la créatine kinase, elle va se dissocier en créatine et en phosphate. Cette réaction va libérer de l'énergie qui est utilisée pour re-synthétiser de l'ATP à partir d'ADP + P.

Une seule réaction chimique est nécessaire à ce transfert d'énergie. C'est pour cela que cette filière est utilisée en début d'exercice quand les besoins sont importants et immédiats.

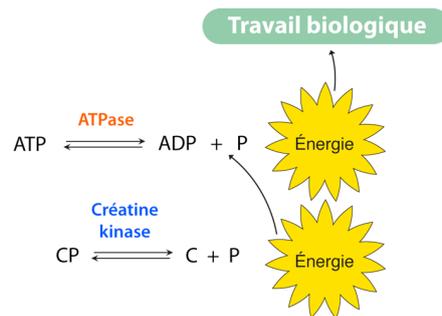


Figure n°7 : Schématisation de la filière anaérobie alactique (24)

La puissance de chaque filière énergétique dépend du débit de synthèse des molécules d'ATP, c'est à dire le nombre de molécules d'ATP synthétisées par unité de temps. Elle est ici importante car une seule réaction chimique est nécessaire.

La capacité de chaque filière énergétique correspond à la quantité totale de molécules d'ATP re-synthétisées à partir d'une molécule du substrat d'origine.

Ici, la quantité est très faible, car une molécule de créatine phosphate donne une seule molécule d'ATP. L'intensité ne pourra donc pas être maintenue très longtemps. La capacité de cette filière est dite faible.

La durée pendant laquelle cette filière énergétique est capable de re-synthétiser l'ATP va dépendre de la concentration intramusculaire en créatine phosphate. Bien que plus abondante que la concentration d'ATP, elle reste cependant faible et ne pourra maintenir que des exercices de durée peu importante.

Cette filière va donc être utilisée pour des activités de haute intensité, telles que le sprint, le renforcement musculaire explosif, les sauts, les lancers...

Elle nécessite un temps de récupération court (2 à 10 minutes environ).

Pour effectuer des exercices de durée plus importante, l'organisme va devoir faire appel à une autre filière énergétique afin de synthétiser à nouveau de l'ATP. (24)

2. Cas des exercices de courte-moyenne durée

Si l'exercice doit se prolonger au-delà de cette dizaine de secondes, la filière anaérobie lactique va se mettre en place : il s'agit de la glycolyse/glycogénolyse anaérobie.

Une dizaine de réactions est nécessaire afin de fabriquer de l'ATP à partir de glucose et de glycogène, grâce à la production d'ions pyruvate puis d'acide lactique.

La production est de 2 molécules d'ATP au total.

La capacité de cette filière est donc plus importante car d'une part on a production de deux molécules d'ATP à partir d'une molécule de substrat, et d'autre part, le stock de glucose et de glycogène utilisable par le muscle est beaucoup plus important que le stock de créatine phosphate.

En revanche, 10 réactions étant nécessaires pour la synthèse, la puissance sera donc beaucoup plus faible que la filière créatine phosphate.

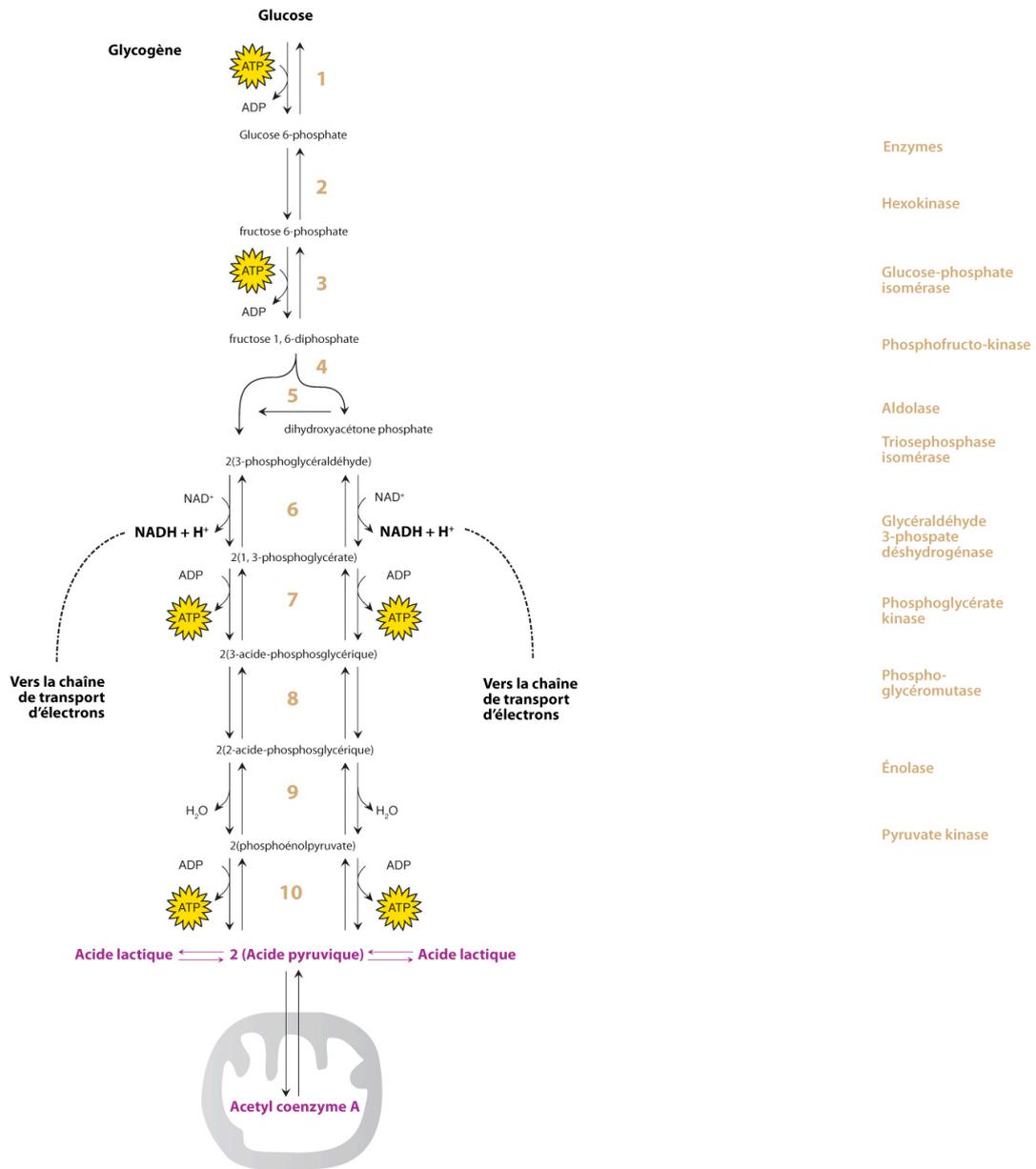


Figure n°8 : Schématisation de la glycolyse/glycogénolyse anaérobie (24)

Elle nécessite un temps de récupération d'environ 1 heure. (24)

3. Cas des exercices de longue-très longue durée

En plus des 2 filières citées ci-dessus, une dernière filière existe : la filière aérobie. Elle permet de re-synthétiser de l'ATP lorsque les besoins sont plus faibles mais de plus longue durée.

Elle peut être efficace pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours dans le cadre des efforts d'ultra-endurance.

La filière aérobie, comme son nom l'indique, utilise l'oxygène au sein de la mitochondrie. Il s'agit d'une véritable plaque tournante énergétique : le glucose et le glycogène peuvent y être utilisés mais également les lipides et les protéines.

Pour le glucose et le glycogène, les réactions aboutissant à la formation des ions pyruvates sont identiques à la filière énergétique précédente. En revanche, au lieu d'être transformés en acide lactique, ils vont être transformés en acétyl-coenzyme A qui va être oxydé au cours du cycle de Krebs. On aboutira enfin à l'ATP après de nombreuses réactions chimiques avec notamment la phosphorylation oxydative.

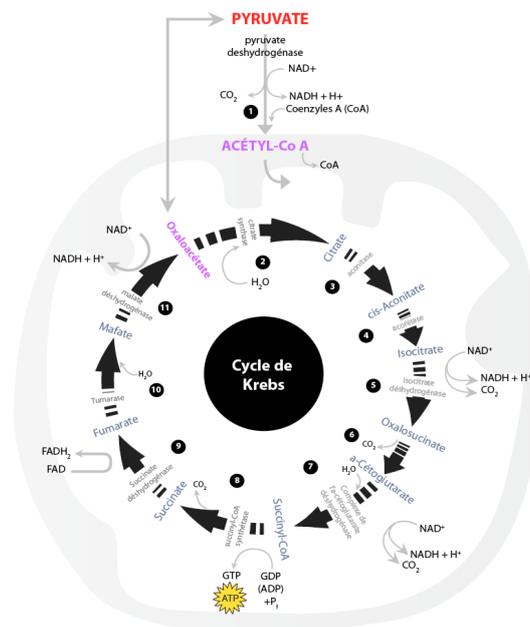


Figure n°9 : Schématisation du cycle de Krebs (24)

En raison du grand nombre de réactions nécessaires pour obtenir de l'ATP, le débit de re-synthèse d'ATP est faible. En revanche, un nombre d'ATP beaucoup plus important est produit à partir d'une molécule de glucose ou de glycogène. Ainsi, le bilan de la glycolyse/glycogénolyse + cycle de Krebs + phosphorylation oxydative est de 36 molécules d'ATP par molécule de glucose/glycogène utilisé.

L'effort pourra donc être maintenu beaucoup plus longtemps qu'avec les deux autres filières énergétiques précédemment évoquées.

Les protéines, de manière plus anecdotique, et les lipides, via la bêta-oxydation puis le cycle de Krebs pourront également servir de molécules substrat. On pourra atteindre un rendement de 460 molécules d'ATP produits à partir d'1 molécule de lipide.

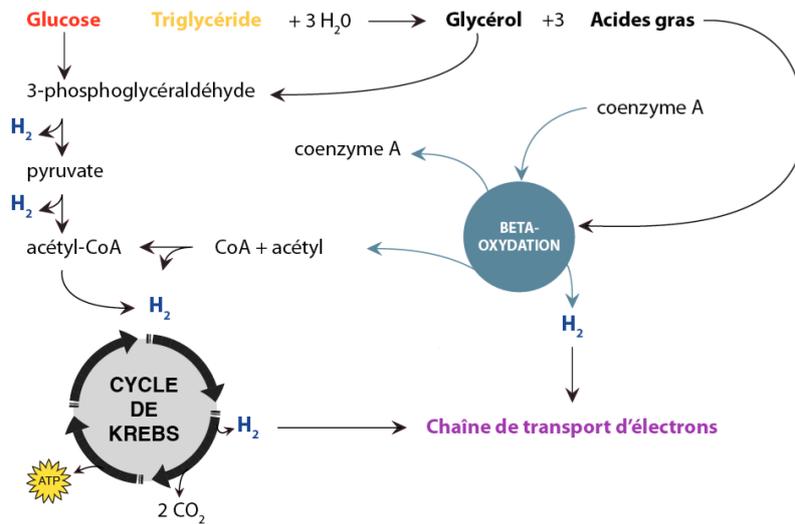


Figure n°10 : Schématisation de la filière énergétique aérobie (24)

Il y a toujours une proportion de glucides et de lipides qui interviennent dans le processus de resynthèse d'ATP. Cette proportion va différer en fonction de l'intensité de l'exercice réalisé.

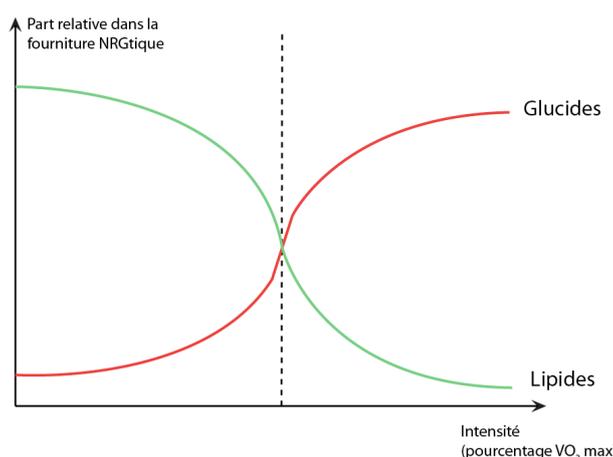


Figure n°11 : Part relative dans la fourniture énergétique en fonction de l'intensité de l'exercice (24)

Au plus l'intensité de l'exercice est faible, au plus la part d'utilisation des lipides va être importante, et celle des glucides faibles, et inversement.

Le temps de récupération est de plusieurs heures à quelques jours.

Afin d'illustrer ce qui a été dit ci-dessus, voici un tableau estimant la contribution en pourcentage des différents substrats pour la synthèse d'ATP lors de diverses épreuves de course à pieds :

Épreuve	Contribution (en pourcentage) à la synthèse d'ATP				
	Phospho- créatine	Glycogène anaérobie	Glycogène aérobie	Glucose sanguin (glycogène hépatique)	Triglycérides (acides gras)
100 m	50	50	—	—	—
200 m	25	65	10	—	—
400 m	12,5	62,5	25	—	—
800 m	6	50	44	—	—
1500 m	*	25	75	—	—
5000 m	*	12,5	87,5	—	—
10 000 m	*	3	97	—	—
Marathon	—	—	75	5	20
Ultra-marathon (80 km)	—	—	35	5	60
Course de 24 h	—	—	10	2	88

Tableau n°4 : Estimation de la contribution des différents substrats énergétiques à la synthèse d'ATP (25)

III. L'alimentation du sportif

L'alimentation est omniprésente chez le sportif, que ce soit durant l'entraînement, au cours de la compétition, mais également pendant les phases de récupération.

Un sportif occasionnel peut conserver une alimentation équilibrée classique. En revanche, une charge d'entraînement physique importante amène à une modification de l'alimentation, tout en respectant les normes recommandées.

Les conséquences d'une mauvaise alimentation peuvent être une mauvaise performance, une mauvaise récupération, un risque accru de blessure...

Un apport énergétique approprié est la pierre angulaire de l'alimentation d'un athlète.

Les besoins nutritionnels sont propres à chaque individu, en fonction de son âge, de son sexe, de sa taille, de son poids, et notamment de l'entraînement physique pratiqué.

1. Modification des apports en fonction de l'activité pratiquée

1.1. **Activités d'endurance**

Les activités d'endurance vont être les activités type cyclisme, course à pieds, natation, ski de fond...

Les glucides vont jouer un rôle majeur en terme de substrat énergétique pour les activités d'endurance. La part d'utilisation des glucides est d'autant plus importante que l'intensité de l'exercice est forte.

Comme vu précédemment, un exercice réalisé à haute intensité (plus de 80% de la VO2 max) va majoritairement solliciter la filière glucidique.

A l'inverse, un exercice de plus faible intensité (50% de la VO2 max) sollicitera à la fois la filière lipidique et à la fois la filière glucidique.

La disponibilité des glucides est conditionnée par la durée de l'exercice et l'épuisement du stock.

En début d'exercice, les substrats glucidiques sont principalement sollicités, puis avec l'épuisement des réserves glycogéniques, la part de l'oxydation lipidique va progressivement augmenter.

La gestion des stocks énergétiques est très importante, notamment pour les efforts de longue durée. Elle va consister à optimiser les réserves en glycogène par des rations de féculents adaptées.

1.2. **Activités de force**

Les activités de force sont la musculation, l'haltérophilie, l'athlétisme (lancers de javelots & poids, sauts à la perche).

Ces activités sont en général de courte durée et de forte intensité. L'apport énergétique va donc principalement dépendre de la créatine musculaire et du glucose sanguin.

Un apport en protéines accru pourra également être justifié, que nous allons détailler par la suite.

2. Recommandations générales

2.1. **Les glucides**

Il s'agit du macronutriment le plus important dans l'alimentation du sportif pratiquant des exercices de longue durée.

Comme expliqué précédemment, les réserves en glucides de l'organisme constituent une source importante d'énergie pour le cerveau et pour les muscles durant l'exercice. Elles seront donc modifiées par l'exercice et par l'alimentation.

Les recommandations d'apport en glucides sont de **3 à 10 grammes par kilogramme de poids corporel par jour**, pouvant augmenter jusqu'à 12 grammes pour les exercices extrêmes et prolongés. Ils dépendent des besoins de l'entraînement ou de la compétition préparée, de la balance entre la performance et l'adaptation à l'entraînement, des besoins énergétiques globaux de l'athlète et des objectifs de composition corporelle.

L'apport de glucides avant un exercice d'endurance permet d'augmenter les réserves de glycogène musculaire et hépatique.

La consommation de glucides pendant l'exercice est également recommandée :

- Pour les exercices de plus de 60 minutes, une supplémentation en hydrates de carbone peut être utilisée (environ 30 à 60 grammes / heure), afin de fournir du carburant pour les muscles et maintenir la glycémie.
- Pour les exercices de plus de 2h30 ou dans les situations où les réserves de glucides sont réduites, des plus gros apports peuvent être envisagés (jusqu'à 90 grammes/heure afin d'obtenir une meilleure performance).

Enfin, après l'effort, la consommation de glucides permet de reconstituer les réserves de glycogène.

2.2. **Les protéines**

Les recommandations d'apport en protéines se situent **entre 1,2 et 2 grammes par kilogramme de poids corporel par jour**. Une recommandation plus récente indique qu'il est nécessaire d'espacer régulièrement la prise de protéines de haute qualité nutritive en quantité plus restreinte, en consommant 0,3 gramme de protéine par kilogramme de poids corporel, après l'exercice et au cours de la journée.

De tels apports peuvent être comblés par les diverses sources alimentaires. Certains sportifs auront recours aux compléments alimentaires dits protéinés, que nous reverrons par la suite.

Les besoins diffèrent entre un sportif d'endurance et un sportif de force, en raison d'un métabolisme protéique différent.

Le sportif d'endurance de haut niveau requiert un apport compris entre **1,2 et 1,4 gramme** de protéine par kilogramme de masse corporelle par jour, afin d'obtenir un équilibre entre les pertes et les apports protéiques.

Chez les sportifs de force souhaitant développer leur masse musculaire, on ne va pas chercher un équilibre, mais plutôt un apport protéique plus important que les pertes engendrées par l'exercice. En effet, une augmentation de la masse musculaire nécessite une augmentation de la quantité de protéines stockée à l'intérieur.

Les besoins vont donc être compris entre **1,3 et 1,5 gramme** par kilogramme de masse corporelle par jour afin de maintenir la masse musculaire, pouvant atteindre un **maximum de 2 grammes** par kilogramme de masse corporelle par jour en période de prise de masse musculaire.

Ces quantités de protéines ne doivent pas être consommées plus de 6 mois par an. Et si une partie de l'apport en protéines est effectué sous forme de compléments alimentaires, ceux-ci ne doivent pas dépasser 1/3 des apports globaux en protéines. Une alimentation équilibrée et variée ainsi qu'une bonne hydratation doivent accompagner ce régime.

Des apports supérieurs ont parfois été constatés et n'apportent aucun bénéfice en terme d'efficacité. En revanche, ils peuvent faire courir des risques pour la santé.

La dégradation en excès des protéines aboutit à la formation d'urée, d'acide urique ou d'ammoniaque qui acidifient l'organisme et sont connus pour favoriser l'apparition de crise de goutte, de lithiase rénale ou de tendinopathie.

L'élimination urinaire des protéines en excès entraîne une surcharge de filtration rénale pouvant aggraver une pathologie rénale.

Une prise de poids est également possible ainsi que des troubles hydro-électrolytiques. (26) (27)

2.3. Les lipides

Pour la plupart des athlètes, la consommation de lipides associée à leur régime alimentaire est d'environ 20 à 35% de l'apport énergétique total. Une consommation de lipides inférieure à 20% de l'apport énergétique total ne profite pas à la performance.

D'un point de vue qualitatif, les mêmes recommandations que celles pour la population générale s'appliquent. Le rapport oméga 6/oméga 3 doit être inférieure ou égal à 5, avec une consommation d'au moins 10 grammes par jour d'oméga 6 et de 2 grammes par jour d'oméga 3.

2.4. Autres recommandations

Les aliments et boissons consommés 1 à 4h avant un entraînement ou une compétition contribuent aux réserves de glucides de l'organisme (en particulier si l'activité est matinale afin de restaurer le glycogène hépatique après le jeûne nocturne).

Le manque d'hydratation peut exacerber la sensation d'effort et peut nuire aux performances. Un apport hydrique approprié, avant, pendant et après la séance, est essentiel.

Une bonne récupération nécessite un apport adapté en boissons, électrolytes, énergie et glucides afin de favoriser la réhydratation et de restaurer le glycogène musculaire. Une consommation de glucides d'environ 1g / kilogramme de poids corporel / heure commençant par la phase de récupération précoce et se poursuivant pendant 4 à 6 heures après l'exercice optimisera les taux de resynthèse de glycogène musculaire.

Une supplémentation en vitamines et minéraux est en général inutile pour les athlètes ayant une alimentation riche et équilibrée. Elle pourrait être envisagée pour ceux suivant une diète restrictive ou ne consommant pas une catégorie particulière d'aliments.

Les athlètes doivent être conseillés quant à la consommation de compléments alimentaires. D'une part, il est important d'évaluer la pertinence du produit par rapport à l'exercice pratiqué par l'athlète, par rapport à son alimentation et d'autre part par

rapport à la composition, à la sécurité ainsi qu'à la conformité vis à vis des tests anti-dopage. (28)

PARTIE 3 : COMPLEMENTS ALIMENTAIRES DESTINES AUX SPORTIFS ET ROLE DU PHARMACIEN D'OFFICINE

L'étude INCA 3 réalisée en 2014-2015 dont les résultats ont été publiés récemment révèle que près d'un adulte sur 5 et un enfant sur 10 ont consommé des compléments alimentaires au moins une fois dans les douze mois précédant l'étude, parmi lesquels une proportion importante de femmes. (29)

Les compléments alimentaires, au sens réglementaire du terme, sont principalement achetés en pharmacie (78% pour les enfants et 45% pour les adultes), mais l'achat sur internet s'est fortement développé depuis l'étude INCA 2 réalisée en 2006-2007.

Le monde sportif n'échappe pas à cette nouvelle tendance, qui s'inscrit plus largement dans un phénomène de société.

Nous allons dans un premier temps revoir les définitions ainsi que la réglementation en vigueur relatives aux compléments alimentaires. Nous verrons ensuite quels sont les différents types de compléments qui vont être destinés en particulier aux sportifs, pour finir par le rôle du pharmacien d'officine dans ce domaine.

I. Définitions et réglementation en vigueur

1. Définition

Le concept de complément alimentaire a été défini par le Parlement européen et le Conseil de l'Union Européenne au travers de la directive européenne 2002/46/CE (publié au Journal Officiel des Communautés Européennes n° L 183 du 12 juillet 2002), puis transposé dans le droit français avec le décret n°2006-352 du 20 mars 2006. (30)

Ainsi, on entend par compléments alimentaires « *les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telles 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-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité ».

Dans cette définition, le terme de « *nutriments* » renvoie aux vitamines et minéraux, quant au terme de « *substance ayant un effet nutritionnel ou physiologique* », il regroupe « *les substances chimiquement définies comme possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exception des nutriments cités précédemment et des substances possédant des propriétés exclusivement pharmacologiques* ».

Le but de ces compléments est donc de compléter un régime alimentaire normal, et ne constitue en aucun cas une substitution au régime alimentaire normal.

On peut également évoquer la notion de supplément alimentaire qui consiste à prendre un concentré de nutriments ou autres substances, alors que les apports nutritionnels conseillés sont déjà couverts par l'alimentation courante, et cela dans le but de les dépasser.

Il faut tous les deux à différencier du médicament, qui lui est une substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines, ou permettant d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique. (31)

2. Réglementation

2.1. Au sein de l'Union Européenne

L'adoption de la directive 2002/46/CE a permis l'harmonisation de la législation des États membres concernant les compléments alimentaires, qui bénéficiaient jusqu'alors d'une réglementation propre à chaque pays. (32)

La création de règles communautaires a permis la libre circulation de ces produits, ainsi que l'éviction de la création de conditions de concurrence inégales.

Outre la définition, la directive reprend les conditions générales d'utilisation des compléments alimentaires, ainsi que la liste des ingrédients pouvant entrer dans la composition de ces produits. A ce jour, seuls les vitamines et minéraux autorisés

figurent sur cette liste (annexe II de la directive, amendée par le règlement 1170/2009 du 30 novembre 2009).

Les substances à but nutritionnel ou physiologique autres que les vitamines et minéraux suivent le règlement européen n°1925/2006. Ce dernier permet leur utilisation dans les compléments alimentaires. Le règlement ne fixe pas de liste positive de ces substances autorisées. Cependant, il liste les substances interdites, celles faisant l'objet de restrictions et celles sous contrôle communautaire dans son annexe III. À présent, aucune substance n'est inscrite dans cette annexe. L'harmonisation européenne sur les substances autres que les nutriments n'est pas d'actualité pour le moment.

La directive impose également qu'au niveau de l'UE, des limites maximales et minimales soient établies pour chaque vitamine et minéral ajoutés aux compléments, ainsi que des critères de pureté.

L'inclusion des substances vitaminiques et minérales dans cette liste positive ne peut se faire qu'après l'évaluation par l'EFSA d'un dossier scientifique adéquat apportant toutes les informations nécessaires sur la sécurité et la biodisponibilité de chaque substance individuelle. Les sociétés souhaitant commercialiser une substance ne figurant pas dans la liste des substances autorisées doivent soumettre une demande à la Commission européenne.

Les mentions qui doivent être présentes sur l'étiquetage sont définies dans cette même directive :

- Le nom des catégories de nutriments ou substances caractérisant le produit ou une indication relative à la nature de ces nutriments ou substances ;
- La portion journalière de produit dont la consommation est recommandée ;
- Un avertissement contre le dépassement de la dose journalière indiquée ;
- Une déclaration visant à éviter que les compléments alimentaires ne soient utilisés comme substituts d'un régime alimentaire varié ;
- Un avertissement indiquant que les produits doivent être tenus hors de portée des jeunes enfants.

2.2. En France

En France, la directive européenne a été transposée par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006.

Il fixe :

- La liste des nutriments dont l'emploi est autorisé,
- Les critères d'identité et de pureté auxquels ils doivent répondre,
- Les teneurs maximales admissibles et, le cas échéant, les teneurs minimales requises,
- La liste des nutriments dont l'emploi est autorisé jusqu'au 31 décembre 2009.

Les compléments alimentaires dépendent du Code de la Consommation, et doivent faire l'objet d'une déclaration auprès de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) afin de procéder à leur mise sur le marché (notice de déclaration de mise sur le marché d'un complément alimentaire). (33)

Ce décret offre aussi la possibilité de commercialiser des compléments alimentaires qui contiennent une substance non autorisée en France mais légalement utilisée dans un autre État membre après déclaration à la DGCCRF.

La DGCCRF examine ainsi environ 650 déclarations par mois, donnant lieu à 12% de refus. Parmi ceux-ci, la majorité est due à des anomalies concernant les procédures déclaratives et d'étiquetage (mentions obligatoires, allégations de santé interdites) mais aussi les règles de vente à distance (vente par internet).

L'arrêté du 9 mai 2006 détaille la liste des vitamines et minéraux autorisés dans la fabrication des compléments alimentaires dans son annexe I, leur forme dans l'annexe II et les doses journalières maximales dans l'annexe III. On y retrouve également des critères de pureté avec les teneurs maximales de différents métaux (arsenic, plomb, mercure, cadmium).

VITAMINES	DOSES	MINERAUX	DOSES
Vitamine A	800 µg	Calcium	800 mg
Vitamine D	5 µg	Magnésium	300 mg
Vitamine E	30 mg	Fer	14 mg
Vitamine K	25 µg	Cuivre	2000 µg
Vitamine B1	4,2 mg	Iode	150 µg
Vitamine B2	4,8 mg	Zinc	15 mg
Niacine :		Manganèse	3,5mg
* Nicotinamide	54 mg		
* Acide nicotinique	8 mg		
Acide pantothénique	18 mg	Phosphore	450mg
Vitamine B6	2 mg	Potassium	80 mg
Folates	200 µg	Sélénium	50 µg
Vitamine B12	3 µg	Chrome	25 µg
Biotine	450 µg	Molybdène	150 µg
Vitamine C	180 mg	Fluor	0 mg
		Chlore : quantum satis en fonction de la quantité apportée par les cations	
		Sodium : quantum satis en fonction de la quantité apportée par les anions	

Tableau n°5 : Doses journalières maximales en vitamines et minéraux autorisés dans la fabrication des compléments alimentaires (34)

Concernant les compléments alimentaires et autres denrées destinées aux sportifs, la **norme AFNOR NF V94-001** est référente en France pour assurer l'absence de substance interdite, afin de les protéger de tout dopage. (35)

Certains de ces produits, provenant notamment de pays tiers et/ou achetés sur internet, peuvent contenir des substances dopantes. Outre les conséquences potentiellement néfastes pour la santé, leur utilisation peut conduire à rendre positif un contrôle antidopage, et donc à une sanction dans la pratique concernée.

La liste des substances interdites est publiée chaque année par l'Agence mondiale contre le dopage, et est ensuite reprise par l'Agence française de Lutte contre le dopage, avec une publication dans la réglementation française.

La norme recommande à l'industriel d'identifier les substances qui concernent ses produits et de vérifier que les ingrédients qu'il utilise n'en contiennent pas.

Parmi les exigences clés de la norme, l'industriel s'engage à conserver les échantillons des produits finis pour aider les autorités compétentes, en cas de suspicion de non-conformité détectée, une fois le produit mis sur le marché.

La norme propose aussi des bonnes pratiques pour sélectionner les ingrédients, choisir les fournisseurs et organiser la fabrication des produits. Elle aide aussi à prévenir toute contamination fortuite, lors de la fabrication et du transport des ingrédients et des produits finis.

Les fabricants qui décident d'adopter cette norme et de suivre ses exigences pourront l'indiquer aux consommateurs par une mention spécifique, sous leur entière responsabilité : « le produit est conforme à la date de libération du lot, à la norme AFNOR NF V94-001 ». Cela constitue un gage de sécurité, et peut être un argument de vente auprès des consommateurs.

II. Composition des CA destinés aux sportifs

La consommation d'un complément alimentaire peut être motivée par une propriété particulière présentée par celui-ci, par une allégation de santé, ou encore pour aider à prévenir un problème de santé ou à en modérer les effets.

On va particulièrement retrouver cela dans le domaine sportif, avec de nombreuses promesses telles qu'une amélioration de la performance, une meilleure récupération après l'entraînement, une diminution de la fatigue...

Tous les pratiquants d'activité sportive, athlète de haut niveau ou sportif « du dimanche » peuvent donc être concernés et exposés à la consommation de ces compléments alimentaires, d'autant plus avec la banalisation de cette pratique.

Devant la multitude de spécialités disponibles sur le marché, il paraît plus intéressant de les regrouper par catégories.

Les deux catégories de compléments alimentaires destinés aux sportifs les plus plébiscitées sont :

- Les substances destinées à augmenter la masse musculaire,
- Les substances destinées à diminuer la masse grasse.

On retrouvera aussi notamment les compléments alimentaires de l'endurance, principalement composés de glucides pour pallier aux dépenses énergétiques.

La liste détaillée ci-dessous regroupe les substances les plus retrouvées dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs, mais elle n'est pas exhaustive.

1. Substances destinées à augmenter la masse musculaire

1.1. Protéines :

Comme expliqué dans la partie métabolisme des protéines, une fois ingérées, celles-ci sont découpées en acides aminés dont certains sont des substrats énergétiques des cellules intestinales et des cellules de l'immunité.

La plupart passe dans le foie, où une partie est retenue et utilisée, notamment à travers le métabolisme énergétique et protéique. Le reste rejoint la circulation générale et est utilisé par les tissus périphériques, dont les muscles squelettiques.

Deux allégations ont été validées par l'EFSA concernant les protéines : « *les protéines contribuent à augmenter la masse musculaire* » et « *les protéines contribuent au maintien de la masse musculaire* ». (36)

Les compléments alimentaires protéinés destinés aux sportifs se présentent en général sous forme de poudre à diluer dans de l'eau, ou sous forme de barres hyperprotéinées.

On retrouve d'une part les protéines laitières, et d'autre part les protéines non laitières. On développera ici uniquement les protéines laitières.

La composition protéique du lait de vache est la suivante : 80% de caséine, et 20% de lactalbumine et de lactoglobuline.

En nutrition sportive, on va donc retrouver d'un côté la « whey » et d'un autre côté, la caséine.

La whey est sans doute la protéine la plus connue de nos jours. Il s'agit des protéines du lactosérum, qui possèdent la plus haute valeur biologique (riches en acides aminés essentiels).

On va retrouver différents types de whey, en fonction du processus de filtration utilisé pour extraire les protéines :

- Le **concentré de whey** : il s'agit de la forme la plus simple, et donc la moins coûteuse. Sa concentration en protéines est moins élevée que pour les deux autres (entre 60 et 80% en moyenne), mais il est plus riche en lipides et en lactose, et est donc d'avantage susceptible d'induire des problèmes digestifs (ballonnements, douleurs gastriques, diarrhées, flatulences...);
- L'**isolat de whey** : il est obtenu grâce à une ultrafiltration permettant de filtrer d'avantage le lactose. L'isolat est donc plus riche en protéines (>80%), et pauvre en lipides et en lactose (donc pourra être consommé chez les personnes ayant une légère intolérance au lactose), d'où un prix d'achat plus élevé ;
- Et enfin l'**hydrolysate de whey** : à partir de concentré de whey ou d'isolat, on va réaliser une hydrolyse enzymatique permettant une assimilation plus rapide de la protéine. Il s'agit donc de la forme la plus onéreuse. En revanche, l'hydrolyse engendre un goût très désagréable, qui est en général masqué par les arômes utilisés par les industriels.

La whey est la protéine la plus riche en cystéine (2,45g pour 100g de protéines), précurseur du glutathion, connu pour ses propriétés anti-oxydantes.

Elle est également très riche en isoleucine, leucine et valine (12g pour 100g de protéines, que nous reverrons par la suite), mais pauvre en arginine et en glutamine.

Elle est présentée comme une protéine rapide, c'est à dire que ses acides aminés vont être rapidement assimilés par l'organisme. Elle est dite **anabolisante**, car elle augmente la vitesse de synthèse des protéines.

On va la conseiller en collation ou après l'effort.

On retrouve également la caséine. Il s'agit donc de la principale protéine issue du lait. Elle est très riche en acide glutamique et en tyrosine, mais peu riche en arginine et en cystéine.

Il existe également trois grandes catégories de caséines :

- Le **caséinate de sodium**, la forme la plus ancienne et la moins coûteuse. En raison de son processus d'extraction, les acides aminés sont moins bien assimilés qu'avec les autres formes de caséine ;

- La **caséine micellaire** : c'est la forme la plus utilisée de nos jours. Les acides aminés sont beaucoup plus faciles à assimiler. Sa durée d'action est prolongée par rapport au caséinate de sodium, pour protéger les muscles du catabolisme. La caséine micellaire contient parfois un peu de whey (10 à 20%), ou non ;
- Les **hydrolysats de caséine** : ils sont obtenus par hydrolyse enzymatique du caséinate de sodium ou de la caséine micellaire. Ils sont assimilés rapidement mais ont aussi un mauvais goût.

La caséine est, quant à elle, présentée comme une protéine lente, car ses acides aminés sont assimilés lentement par l'organisme. Elle sera donc plutôt qualifiée de protéine **anti-catabolisante**, car elle va d'avantage ralentir la dégradation des protéines.

On va plutôt la conseiller le matin au réveil ou le soir au coucher. Elle ne doit pas être utilisée juste après l'effort, en raison de son effet « coagulant » qui retarde la mise à disposition des protéines et autres nutriments nécessaires à une bonne récupération musculaire.

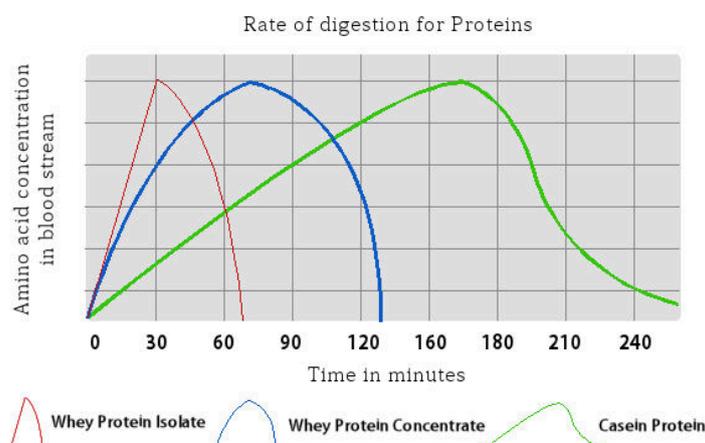


Figure n°12 : Concentration sanguine en acides aminés en fonction du temps, suivant les différents types de protéines.

Un article publié en 2009 par des chercheurs canadiens a comparé les effets de l'ingestion de whey, de caséine et de protéines de soja sur la synthèse des protéines musculaires au repos et après un exercice de résistance musculaires chez un groupe de jeunes hommes. L'étude conclue que la consommation d'hydrolysat de whey stimule la synthèse de protéines musculaires squelettiques de manière plus importante que la caséine ou le soja.

Les résultats suggèrent que le type de protéine consommé est un facteur modulateur de l'anabolisme musculaire, que ce soit au repos ou après l'exercice. De plus, l'effet

semble être lié au taux de leucine présent dans la protéine consommée, et à la vitesse à laquelle il est digéré.

Une rapide augmentation du taux de leucine est important pour obtenir un taux maximal de synthèse de protéines musculaires squelettiques. (37)

Outre ses propriétés d'anabolisme musculaire, la présence de calcium et de minéraux dans la whey pourrait potentiellement modifier la composition corporelle (tissu adipeux vers tissu maigre). Les acides aminés seuls ainsi que les composés bioactifs retrouvés dans la whey pourraient également améliorer la fonction immunitaire et la santé gastro-intestinale (38).

1.2. BCAA (« Branched-Chain Amino Acid »), ou acides aminés à chaînes ramifiées :

Certains produits ne contiennent que des acides aminés. Le groupe des BCAA comprend la leucine, l'isoleucine et la valine. Ces acides aminés sont dits essentiels, c'est à dire qu'ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme et donc nécessitent un apport alimentaire.

Ils constituent environ un tiers des protéines musculaires.

La leucine est l'acide aminé le plus puissant sur le plan anabolique, en terme de synthèse des protéines musculaires. Cependant, la supplémentation en leucine seule semble causer un déséquilibre entre les différents acides aminés.

Un article publié en 2004 dans « The Journal of Nutrition » suggère que les besoins en BCAA sont augmentés par l'exercice. La supplémentation en BCAA avant et après l'exercice a des effets bénéfiques en diminuant les dégâts musculaires induits par l'effort et en promouvant la synthèse de protéines musculaires. Ces résultats suggèrent la possibilité que les BCAAs puissent être un supplément utile en relation avec l'exercice et le sport. (39)

Pour les sports de force, l'étude de Karlsson en 2004 a démontré qu'une synergie se crée entre l'entraînement et les BCAA en ce qui concerne la réponse anabolique post-

effort. La réponse sera plus forte et plus complète. Les bénéfices obtenus sont des gains musculaires plus importants et une perte de graisse plus marquée.

Concernant les sports d'endurance, les résultats sont similaires. (39) (40)

Les BCAA ne sont pas bien dégradés par le système digestif et le foie. La prise orale de BCAA augmente donc facilement le taux sanguin et musculaire. L'élévation de taux est durable dans le temps.

Ils peuvent donc être utilisés entre les repas, avant, pendant et juste après l'entraînement, ainsi que le soir et la nuit.

Dans la majorité des études réalisées, une dose supérieure à 5g de BCAA était utilisée en supplémentation. Cependant, la dose minimale nécessaire pour obtenir l'effet bénéfique des BCAA n'a pas encore été établie.

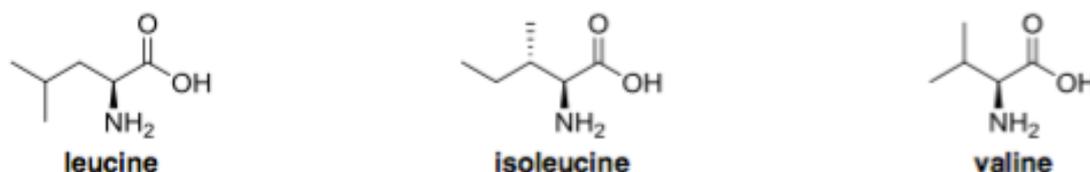


Figure n°13 : Formules chimiques de la leucine, de l'isoleucine et de la valine (41)

1.3. Créatine

La créatine est une molécule endogène ubiquitaire. Elle est synthétisée par le rein, le foie et le pancréas à partir de 3 acides aminés : l'arginine, la glycine et la méthionine. Les besoins en créatine (environ 2g par jour) sont couverts en partie par la synthèse endogène et en partie par l'apport alimentaire, en particulier grâce à la viande et au poisson.

La supplémentation en créatine est devenue une pratique courante dans le domaine sportif, que ce soit chez les athlètes professionnels ou chez les sportifs amateurs, dans le but d'améliorer la performance physique.

Deux allégations ont été validées par l'EFSA :

- « La créatine améliore les capacités physiques en cas de séries successives d'exercices très intenses et de courte durée ».

Cette allégation ne pourra être utilisée que si le complément alimentaire apporte 3g de créatine et uniquement pour les adultes effectuant des exercices physiques très intenses.

- « Daily creatine consumption can enhance the effect of resistance training on muscle strength in adults over the age of 55 ».

Cette allégation ne concerne qu'une consommation journalière de 3g de créatine, et s'adresse aux adultes de plus de 55 ans pratiquant régulièrement des exercices de résistance. (41)

La recherche indique que la supplémentation en créatine peut augmenter la teneur en phosphocréatine musculaire chez certains individus, d'où le potentiel dans les exercices très intenses et de courte durée où la filière énergétique principale utilisée est la filière anaérobie alactique.

La consommation concomitante d'hydrates de carbone avec la créatine pourrait augmenter l'assimilation musculaire, mais cette conclusion n'est valable que pour des doses importantes de glucides.

Les performances de l'exercice impliquant de courtes périodes d'activités à haute intensité pourraient donc être améliorées. Les attentes élevées vis à vis d'une amélioration de performance sont donc injustifiées. (42)

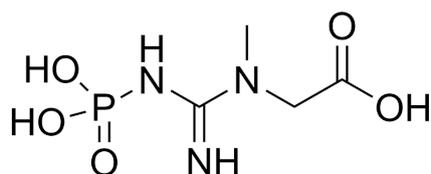


Figure n°14 : Formule chimique de la créatine (43)

1.4. **Glutamine**

La glutamine est un acide aminé dit conditionnellement essentiel, en raison du fait que la capacité du corps à la synthétiser est très inférieure à la destruction provoquée par l'effort.

La glutamine est l'acide aminé le plus abondant dans le corps. Il représente environ 2/3 des acides aminés libres présents dans les muscles.

Il joue un rôle essentiellement dans la protection immunitaire, mais également de manière plus anecdotique dans la synthèse des protéines, le maintien de l'intégrité de la paroi intestinale et l'équilibre acido-basique de l'organisme. Elle sert également à la fabrication de la glucosamine, qui elle-même participe à la réparation du cartilage et des tendons.

Les athlètes effectuant des entraînements intenses et prolongés ou participant à des courses d'endurance souffrent d'un risque accru d'infection dû à une apparente immunodépression. Une diminution d'environ 20% du taux plasmatique de glutamine est observé 1 heure après un marathon.

L'apport de glutamine par voie orale après l'exercice semble avoir un effet bénéfique sur le niveau d'infections ultérieures. (44) (45)

En revanche, la glutamine n'améliore pas la performance physique. (46)

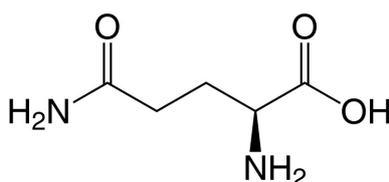


Figure n°15 : Formule chimique de la glutamine (47)

1.5. Arginine

L'arginine est un acide aminé classé parmi les acides aminés conditionnellement indispensables. Elle est dite semi essentielle pour les personnes sédentaires, mais devient essentielle chez les sportifs.

Elle peut être synthétisée à partir de la citrulline selon un processus très coûteux en énergie, elle-même synthétisée à partir de l'acide glutamique ou la glutamine.

La synthèse endogène d'arginine est principalement intestinale et rénale.

L'arginine permet la synthèse de monoxyde d'azote (NO) par la NO synthase. Le NO va favoriser l'anabolisme ainsi que l'oxygénation des muscles.

En tant que précurseur de la créatine, elle va également augmenter les capacités de synthèse de créatine, ce qui va accroître la force et la récupération.

Des exercices d'intensité modérée sont en général associés à une hausse du niveau d'arginine dans le sang. En revanche, des efforts extrêmes causent parfois une baisse du niveau d'arginine plasmatique.

L'arginine est présente dans de nombreuses sources alimentaires aussi bien animale (lait et produits laitiers, viande, poissons, fruits de mer, gélatine) que végétale (légumineuses, noix, graines, blé et céréales en général).

Un article publié en 2008 indique qu'une supplémentation en L-arginine augmente le gain musculaire et diminue le pourcentage de masse grasse chez des cochons en fin de croissance. (48)

En revanche, aucune relation de cause à effet n'a été établie entre la consommation de L-arginine et l'augmentation ou le maintien de la masse musculaire chez l'homme. Aucune allégation de santé n'a été validée par l'EFSA. Aucune preuve scientifique n'a été apportée mettant en évidence que l'arginine en plus d'une consommation normale de protéines aurait un rôle supplémentaire sur la masse musculaire. (41)

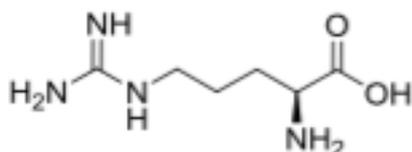


Figure n°16 : Formule chimique de l'arginine (41)

1.6. L-tyrosine

Il s'agit d'un acide aminé non indispensable, synthétisé à partir de la phénylalanine. Elle intervient dans la synthèse des catécholamines, à savoir l'adrénaline, la noradrénaline, la dopamine et la L-DOPA. Elle est également précurseur de la mélanine et des hormones thyroïdiennes.

La L-tyrosine est présente notamment dans les produits laitiers, la viande, le poisson, les œufs, les noix, et les légumineuses.

L'effet recherché dans le domaine sportif va être une stimulation de la production de dopamine et une meilleure récupération. Les études sont encore contradictoires à ce sujet. (49) (50)

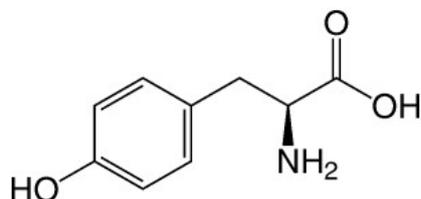


Figure n°17 : Formule chimique de la L-tyrosine (51)

1.7. Chrome

Le chrome est un minéral souvent présent sous forme de picolinate de chrome dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs, en raison de sa meilleure biodisponibilité.

Aucune preuve d'un effet bénéfique n'a été associée à la consommation de chrome. Même si les pertes en chrome sont augmentées au cours de l'activité physique, les déficits sont très rares et une supplémentation est inutile. Les besoins quotidiens sont couverts par l'alimentation et les besoins ne diffèrent pas de ceux de la population générale. (41)

2. Substances visant la réduction de la masse grasse

2.1. L-carnitine

D'un point de vue chimique, il s'agit d'une amine quaternaire (le seul isomère à présenter une activité biologique).

La carnitine est synthétisée dans le foie et les reins à partir d'acides aminés (lysine et méthionine), de trois vitamines (niacine, B6 et C) ainsi que du fer.

Le reste des besoins est assuré par l'apport alimentaire, en particulier la viande et les laitages, d'où le fait que les végétariens sont plus susceptibles que les autres d'avoir des carences.

Elle est localisée en quasi-totalité dans les muscles squelettiques et est majoritairement excrétée dans les urines.

La carnitine joue un rôle primordial dans le transport des acides gras à longue chaîne à l'intérieur de la mitochondrie, afin de permettre la production d'énergie.

L'absorption de L-carnitine n'augmente pas avec la dose administrée chez l'adulte sain. En effet, l'absorption arrive à saturation après une administration orale de 2g.

Des études ont montré que la supplémentation en L-carnitine n'augmente pas la teneur en carnitine dans les muscles (52) (53), et n'augmente pas la production d'énergie pendant l'effort (54) (55).

Une légère augmentation de la part d'oxydation des graisses est constatée, traduite par une diminution de la masse grasse dans certaines études mais uniquement chez des sujets en surpoids ou avec un pourcentage de masse grasse important. (56)

En revanche, elle pourrait réduire le stress musculaire après l'effort. (57)

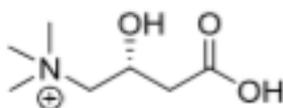


Figure n°18 : Formule chimique de la L-carnitine (41)

2.2. Caféine

La caféine, ou 1,3,7-triméthylxanthine est une molécule appartenant à la famille des méthylxanthines.

Elle est naturellement présente dans plus de soixante plantes, parmi lesquelles on retrouve le café, le thé, le guarana et le cola, mais peut également être synthétisée chimiquement.

Une fois ingérée, la caféine est rapidement absorbée par le tube digestif. Elle est métabolisée par le foie, et ses métabolites seront excrétés dans les urines.

La caféine est utilisée dans le domaine sportif afin d'améliorer l'endurance et la force musculaire.

Elle a été retirée de la liste des substances interdites, mais demeure surveillée par l'Association olympique internationale dans le cadre de son programme de lutte contre le dopage. Le seuil de 12 microgrammes par millilitre d'urine a été fixé par l'AMA afin de pouvoir différencier une consommation normale d'une consommation à but de facilitation de la performance).

Les effets recherchés dans le domaine du sport sont une diminution de la sensation de fatigue, une amélioration des réflexes et des temps de réaction, une stimulation du système cardiaque et une meilleure utilisation des graisses

Aucune relation de cause à effet n'a pu être établie entre la consommation de caféine et une augmentation de l'oxydation des acides gras d'une part, et entre la consommation de caféine et une augmentation de la dépense énergétique d'autre part. En revanche, les allégations relatives à l'augmentation de la performance en endurance et à l'augmentation de la capacité d'endurance ont été validées par l'EFSA mais ne sont pas autorisées à l'heure actuelle par la Commission européenne. (58) (59)

Divers autres extraits de plantes peuvent également être retrouvés dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs.

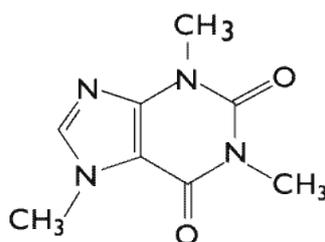


Figure n°19 : Formule chimique de la caféine (60)

2.3. Choline

La choline peut être obtenue par l'alimentation (œufs, foie, noix) ou par une synthèse endogène. Elle joue un rôle fonctionnel et structural dans les cellules et est notamment précurseur de l'acétylcholine et des phospholipides. Elle est également impliquée dans le métabolisme des lipoprotéines.

Aucun bénéfice quant à une supplémentation n'a pour l'instant été prouvé en terme de performance. (61)

En revanche, la consommation de choline pourrait être associée à une perte de poids facilitée. (62)

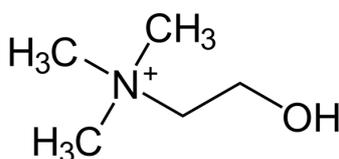


Figure n°20 : Formule chimique de la choline (63)

III. Rôle du pharmacien d'officine

1. Le marché des compléments alimentaires en pharmacie

En 2017, le marché des compléments alimentaires représentait un total de 1 802 millions d'euros, en croissance de 5,8% par rapport à l'année 2016.

La pharmacie possédait 51% des parts de marché, en augmentation de 7,7% par rapport à l'année précédente, loin devant la vente à distance (17%), la vente en magasins spécialisés (15%) et la vente en grandes et moyennes surfaces (11%). (64)

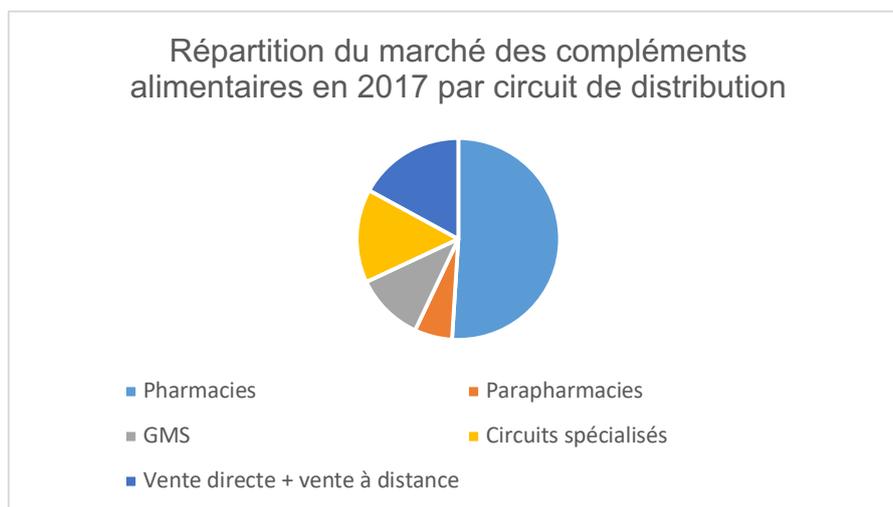


Figure n°21 : Répartition du marché des compléments alimentaires en 2017 par circuit de distribution (64)

2. La nutrition sportive à l'officine

Deux marques dominent largement le marché de la nutrition sportive à l'officine : il s'agit d'EAFIT® et de STC NUTRITION®.

Il s'agit de marques françaises, certifiées par la norme AFNOR NF V 94-001 anti-dopage, garantissant l'absence de produits dopants au sein de ses produits. Elles sont également certifiées par la norme ISO 22 000, première norme internationale pour la mise en œuvre d'un système de management de la sécurité des denrées alimentaires.

Ces deux marques proposent de large gammes de compléments alimentaires destinés aux sportifs, telles que :

- Les compléments protéinés : whey, gainers, caséine, barres protéinées, protéines non laitières ;
- Les compléments de la sèche / de la minceur : brûleurs, détoxifiants, carnitine, draineurs, capteurs ;
- Les compléments « boosters » : vitamines, créatine ;
- Les compléments à base d'acides aminés : BCAA, arginine, taurine, complexes d'acides aminés ;
- Les compléments de l'endurance : barres, boissons, gâteaux, gels... ;
- Les compléments sous forme de boissons : minceur, détoxifiant, énergétique, draineur... (65) (66)

3. Place du pharmacien d'officine

Le pharmacien d'officine est un professionnel de santé de proximité et de confiance, implanté en France grâce à près de 22 000 officines réparties sur le territoire, disponible sans rendez-vous et sur de large plage horaire. (67) (68)

Il a l'avantage d'avoir une vue d'ensemble, en connaissant bien ses patients, leur contexte familial et socioprofessionnel ainsi que leur historique médicamenteux.

Sa formation scientifique permet de rassurer le patient et lui apporte également une certaine crédibilité.

Face à une demande de complément alimentaire de la part d'un sportif, la première chose à faire va être de rappeler l'importance d'une alimentation variée et équilibrée, qui permet dans la majorité des cas de répondre aux besoins nutritionnels du sportif.

En cas de dispensation d'un complément alimentaire, le pharmacien pourra détecter les interactions avec les pathologies et le traitement éventuel pris par le sportif, et pourra également l'orienter et le conseiller par rapport aux divers compléments alimentaires disponibles sur le marché, en promouvant la norme AFNOR NF V 94-001, qui sécurise la consommation des compléments alimentaires chez le sportif.

Le CESPARM a également mis en place des affiches et brochures destinés au grand public à ce sujet, ainsi qu'un document d'information professionnelle destiné aux pharmaciens et à l'équipe officinale. Ce dernier document contient notamment des informations sur le dopage et les compléments alimentaires ainsi que des éléments pratiques sur la conduite à tenir à l'officine. (69)

4. Dispositif de nutrivigilance

Le dispositif de nutrivigilance est un système de veille sanitaire dont l'objectif est d'améliorer la sécurité du consommateur en identifiant rapidement d'éventuels effets indésirables liés, notamment, à la consommation de compléments alimentaires ou de nouveaux aliments. Il a été mis en place en 2009.

L'objectif de ce dispositif est d'améliorer la sécurité du consommateur. La mise en place de la nutrivigilance a été motivée par de multiples facteurs tels que :

- L'augmentation régulière de la consommation de compléments alimentaires depuis plusieurs années ;
- La présence d'ingrédients pharmacologiquement actifs dans certains produits ;
- L'enregistrement de signalements d'effets indésirables par les systèmes de vigilance non spécifiquement dédiés à l'alimentation (pharmacovigilance, toxicogilance...);
- Le contexte déclaratif préalable à la mise sur le marché de compléments alimentaires.

Un effet indésirable lié à une denrée alimentaire est défini par une réaction nocive se produisant dans les conditions normales d'emploi ou résultant d'un mésusage.

Le pharmacien d'officine fait partie des personnes habilitées à réaliser cette déclaration, parmi lesquelles on retrouve également toutes les autres professions de santé, ainsi que les producteurs et les distributeurs.

Les professionnels de santé peuvent remplir un formulaire directement en ligne. Les différentes déclarations sont ensuite enregistrées par l'ANSES et sont analysés par la cellule de nutrivigilance de l'ANSES avec l'appui d'experts médicaux. Les conclusions sont ensuite remises aux ministères concernés.

En fonction du nombre de cas reçus, de leur gravité et de leur imputabilité, l'ANSES peut décider de s'auto saisir pour mener une évaluation des risques liés à la consommation de certains produits. (70)

IV. Recommandations de l'ANSES relatives à la consommation de compléments alimentaires destinés aux sportifs

En 2014, l'ANSES a organisé une auto-saisine portant sur les effets indésirables des compléments alimentaires consommés par les sportifs recherchant une augmentation de la masse musculaire ou une diminution de la masse grasse.

Sur la base des diverses observations réalisées, le groupe de travail « Nutrivigilance » et le comité d'experts spécialisé en « nutrition humaine » ont émis certaines recommandations relatives à la consommations de compléments alimentaires dans le cadre de la pratique sportive :

- *« Les compléments alimentaires visant le développement de la masse musculaire ou la diminution de la masse grasse sont déconseillés chez les sujets présentant des facteurs de risque cardiovasculaire ou souffrant d'une cardiopathie ou d'une altération de la fonction rénale ou hépatique ou encore de troubles neuropsychiatriques.*
- *Les compléments alimentaires visant le développement de la masse musculaire ou la diminution de la masse grasse sont déconseillés chez les enfants, les adolescents et les femmes enceintes ou allaitantes.*

- *La consommation de compléments alimentaires contenant de la caféine est déconseillée avant et pendant une activité sportive.*
- *La consommation de compléments alimentaires contenant de la caféine est déconseillée aux sujets sensibles aux effets de cette substance.*
- *La consommation concomitante de plusieurs compléments alimentaires ou leur association avec des médicaments est déconseillée.*
- *Les cadres sportifs doivent être capables, par leur formation, d'informer les sportifs sur les risques associés à la consommation de certains compléments alimentaires.*
- *Les objectifs de la consommation de compléments alimentaires devraient être discutés avec un professionnel de santé.*
- *La consommation de complément alimentaire doit être signalée à son médecin et à son pharmacien.*
- *Les sportifs doivent être particulièrement attentifs à la composition des produits consommés et privilégier les produits conformes à la norme AFNOR NF V 94-001 (juillet 2012).*
- *Les consommateurs et les intermédiaires de vente doivent privilégier les circuits d'approvisionnement les mieux contrôlés par les pouvoirs publics (conformité à la réglementation française, traçabilité et identification du fabricant).*
- *Des études complémentaires sur le devenir dans l'organisme et la toxicité à long terme des extraits de plantes et de certaines substances présents dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs seraient utiles.*
- *Une amélioration de la coopération internationale sur la surveillance des effets indésirables associés à la consommation des compléments alimentaires destinés aux sportifs doit être mise en œuvre. » (41)*

CONCLUSION

Après avoir étudié les besoins nutritionnels de l'individu en général et du sportif en particulier, nous avons pu constater qu'il n'y a pas de différence qualitative fondamentales entre l'alimentation d'un individu qui veut être en bonne santé et un sportif de haut niveau.

L'alimentation doit être variée, équilibrée, composée essentiellement de produits naturels non raffinés, riches en vitamines et minéraux, avec une répartition inégale des macronutriments :

- 35 à 40% de l'énergie totale sous forme de lipides ;
- 10 à 20% de l'énergie totale sous forme de protéines ;
- 40 à 55% de l'énergie totale sous forme de glucides.

La modification va principalement résider dans la quantité, avec des rations qui pourront être beaucoup plus importantes chez le sportif pour pallier aux pertes énergétiques causées par la pratique sportive.

L'important n'est pas d'imposer un régime trop restrictif au sportif, mais plutôt de lui apporter les connaissances nutritionnelles lui permettant d'optimiser au maximum son programme alimentaire, afin d'améliorer son entraînement, sa récupération et ainsi éviter les blessures.

Il est également important de rappeler qu'une alimentation diversifiée et équilibrée permet, dans la majorité des cas, de répondre aux besoins nutritionnels du sportif. Cependant, le monde du sport n'échappe pas à la consommation croissante de compléments alimentaires, et la pharmacie d'officine constitue le réseau de distribution n°1 de ces derniers.

Face à toute demande de complément alimentaire, qu'il s'agisse d'un sportif ou non, le pharmacien doit rappeler le fait qu'une alimentation variée et équilibrée suffit, la plupart du temps, à apporter tous les nutriments nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de l'organisme d'un individu en bonne santé, tout en lui rappelant les bases nutritionnelles.

Il se doit d'orienter les sportifs vers des produits certifiés par la norme AFNOR NF V 94-001, garantissant une absence de substances interdites. Il est également tenu, dans le cadre du dispositif national de nutrivigilance, à signaler tout effet indésirable potentiellement lié à la consommation d'un complément ou d'une denrée alimentaire destinée au sportif.

Certains sportifs n'ont pas toujours conscience des risques associés à l'excès de consommation de compléments alimentaires. En tant que professionnel de santé en première ligne face à leurs demandes, le pharmacien d'officine se doit d'avoir des connaissances nutritionnelles suffisantes afin de pouvoir jouer son rôle d'acteur essentiel dans la prévention du dopage liés à la consommation de ces substances.

BIBLIOGRAPHIE

1. Henaff-Pineau P-C. Genre et parcours sportifs des seniors : du semblable au dissemblable. SociologieS [Internet]. 15 nov 2012 [cité 12 avr 2018]; Disponible sur: <http://journals.openedition.org/sociologies/4135>
2. Collège des enseignants de nutrition. La dépense énergétique. 2011 2010;16.
3. Luc G. Nutrition générale [Internet]. [cité 15 juin 2018]. Disponible sur: http://moodle.univ-lille2.fr/pluginfile.php/179901/mod_resource/content/0/nutrition_g%C3%A9n%C3%A9rale.pdf
4. ANSES. Actualisation des rapports du PNNS : élaboration des références nutritionnelles [Internet]. 2016 [cité 12 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>
5. Collège des enseignants de nutrition. Métabolisme protéique [Internet]. Campus Nutrition. 2011 [cité 13 févr 2018]. Disponible sur: http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_8/site/html/9.html
6. Etude INCA 3.pdf [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0234Ra.pdf>
7. Omega 3 - Bienfaits, Mensonges, Indications, Sources [Internet]. <https://www.passeportsante.net/>. 2011 [cité 13 avr 2018]. Disponible sur: https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=acides_gras_essentiels_ps
8. Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. Circulation. 19 nov 2002;106(21):2747-57.
9. Recommendations for intake of polyunsaturated fatty acids in healthy adults.pdf [Internet]. [cité 13 avr 2018]. Disponible sur: <http://www.issfal.org/assets/issfal%2003%20pufaintakereccomdfinalreport.pdf>
10. Actualisation des apports conseillés pour les acides gras.pdf [Internet]. [cité 13 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2006sa0359Ra.pdf>
11. Ancellin R, Saul C, Thomann C, Coipel M. Coordination scientifique et rédactionnelle. :167.
12. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Am J Clin Nutr. juill 2002;76(1):5-56.
13. Masson E. Vitamines liposolubles (A, D, E et K) [Internet]. EM-Consulte. [cité 25 juin 2018]. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/224736/vitamines-liposolubles-a-d-e-et-k>

14. Vitamine A (beta-carotène) - Bienfaits, Sources, Posologie, Aliments [Internet]. <https://www.passeportsante.net/>. 2011 [cité 14 avr 2018]. Disponible sur: https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=vitamine_a_betacarotene_ps
15. Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments [Internet]. [cité 14 avr 2018]. Disponible sur: <https://ciqual.anses.fr/>
16. Etude INCA 2 [Internet]. 2009 sept. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER-Ra-INCA2.pdf>
17. Vitamine C ou acide ascorbique | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 25 juin 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-c-ou-acide-ascorbique>
18. Vitamine K - Les 20 meilleures sources alimentaires [Internet]. <https://www.passeportsante.net/>. 2011 [cité 24 juin 2018]. Disponible sur: https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/PalmaresNutriments/Fiche.aspx?doc=vitamine_k_nu
19. HCSP. Révision des repères alimentaires pour les adultes du futur Programme national nutrition santé 2017-2021 [Internet]. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 2017 févr [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=600>
20. Cours Médecine, Ostéopathie - Physiologie - - Partie 4 : Dans l'estomac [Internet]. [cité 15 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.cours-medecine.info/physiologie/estomac.html>
21. Gastrine.pdf [Internet]. [cité 15 avr 2018]. Disponible sur: <http://www.lab-cerba.com/pdf/0259F.pdf>
22. Cours de SVT 5e - Transformation des aliments en nutriments - Maxicours.com [Internet]. Maxicours. [cité 20 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.maxicours.com/se/fiche/8/2/212928.html/5e>
23. Utilisation des substrats énergétiques [Internet]. [cité 16 avr 2018]. Disponible sur: http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_7/site/html/2_2.html
24. Bertrand BARON, Patrick PELAYO. Physiologie de l'exercice [Internet]. [cité 10 avr 2018]. Disponible sur: <http://campusport.univ-lille2.fr/physio/res/resspdf.pdf>
25. McArdle W, Katch FI, Katch VL. Nutrition et performances sportives. De Boeck Supérieur; 2004. 696 p.
26. Quels apports nutritionnels pour le sportif ? | Diététique du Sportif [Internet]. IRBMS. 2008 [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/apports-nutritionnels-sportif-2/>
27. Complications du régime hyperprotéiné [Internet]. IRBMS. 2014 [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/complications-des-regimes-hyperproteines/>

28. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*. 1 mars 2016;116(3):501-28.
29. ANSES. Etude INCA 3 [Internet]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0234Ra.pdf>
30. Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. 2006-352 mars 20, 2006.
31. Régime juridique.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2018]. Disponible sur: <http://www.ordre.pharmacien.fr/content/download/155390/765191/version/2/file/R%25C3%25A9gime%2Bjuridique.pdf>
32. Directive 2002/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 10 juin 2002 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les compléments alimentaires (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [Internet]. 183, 32002L0046 juill 12, 2002. Disponible sur: <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/46/oj/fra>
33. Déclaration de mise sur le marché d'un complément alimentaire [Internet]. [cité 14 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/R39473>
34. Arrêté du 9 mai 2006 relatif aux nutriments pouvant être employés dans la fabrication des compléments alimentaires | Legifrance [Internet]. [cité 20 mai 2018]. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000023980839>
35. Prévention du dopage et alimentation - Une norme AFNOR pour apporter de la confiance aux sportifs [Internet]. AFNOR Normalisation. 2012 [cité 14 avr 2018]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/actualites/prevention-du-dopage-et-alimentation-une-norme-afnor-pour-apporter-de-la-confiance-aux-sportifs/>
36. Compléments alimentaires destinés aux sportifs : des risques pour la santé pour des bénéfices incertains | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 12 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/compl%C3%A9ments-alimentaires-destin%C3%A9s-aux-sportifs-des-risques-pour-la-sant%C3%A9-pour-des-b%C3%A9n%C3%A9fices>
37. Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol*. sept 2009;107(3):987-92.
38. Ha E, Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *J Nutr Biochem*. mai 2003;14(5):251-8.
39. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise. *J Nutr*. 1 juin 2004;134(6):1583S-1587S.

40. Blomstrand E, Saltin B. BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol-Endocrinol Metab.* 1 août 2001;281(2):E365-74.
41. Les compléments alimentaires destinés aux sportifs.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0008Ra.pdf>
42. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* mars 2000;32(3):706-17.
43. La créatine [Internet]. La récupération est-elle la même pour tout le monde ? [cité 22 mai 2018]. Disponible sur: <http://tperecuperation.unblog.fr/lexique/>
44. Castell LM, Newsholme EA. The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. *Nutrition.* juill 1997;13(7-8):738-42.
45. Castell LM, Poortmans JR, Newsholme EA. Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur J Appl Physiol.* 1996;73(5):488-90.
46. Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Davison KS, Smith-Palmer T. Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *Eur J Appl Physiol.* déc 2001;86(2):142-9.
47. L-Glutamine | L-Glutamine | G | A-Z, produits chimiques | Produits Chimiques | PZ_XML_Export_FR_Web | XML_FR_44 | France [Internet]. [cité 22 mai 2018]. Disponible sur: https://www.carlroth.com/fr/fr/Produits-Chimiques/A-Z%2C-produits-chimiques/G/L-Glutamine/L-Glutamine/p/0000000100001d7d00020023_fr
48. Tan B, Yin Y, Liu Z, Li X, Xu H, Kong X, et al. Dietary l-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs. *Amino Acids.* mai 2009;37(1):169-75.
49. Tumilty L, Davison G, Beckmann M, Thatcher R. Oral tyrosine supplementation improves exercise capacity in the heat. *Eur J Appl Physiol.* 1 déc 2011;111(12):2941-50.
50. Watson P, Enever S, Page A, Stockwell J, Maughan RJ. Tyrosine Supplementation Does Not Influence the Capacity to Perform Prolonged Exercise in a Warm Environment. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 1 oct 2012;22(5):363-73.
51. L-Tyrosine | L-Tyrosine | T | A-Z, produits chimiques | Produits Chimiques | PZ_XML_Export_FR_Web | XML_FR_44 | France [Internet]. [cité 22 mai 2018]. Disponible sur: https://www.carlroth.com/fr/fr/Produits-Chimiques/A-Z%2C-produits-chimiques/T/L-Tyrosine/L-Tyrosine/p/000000010000527500020023_fr
52. Barnett C, Costill DL, Vukovich MD, Cole KJ, Goodpaster BH, Trappe SW, et al. Effect of L-carnitine supplementation on muscle and blood carnitine content and lactate accumulation during high-intensity sprint cycling. *Int J Sport Nutr.* sept 1994;4(3):280-8.

53. Wächter S, Vogt M, Kreis R, Boesch C, Bigler P, Hoppeler H, et al. Long-term administration of L-carnitine to humans: effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance. *Clin Chim Acta Int J Clin Chem.* avr 2002;318(1-2):51-61.
54. Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. L -Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Eur J Appl Physiol.* déc 2005;95(5-6):431-5.
55. Colombani P, Wenk C, Kunz I, Krähenbühl S, Kuhnt M, Arnold M, et al. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. *Eur J Appl Physiol.* 1996;73(5):434-9.
56. Vermeeren R. Intérêt de la carnitine dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs. :66.
57. Spiering BA, Kraemer WJ, Hatfield DL, Vingren JL, Fragala MS, Ho J-Y, et al. Effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on muscle oxygenation responses to resistance exercise. *J Strength Cond Res.* juill 2008;22(4):1130-5.
58. Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res.* janv 2010;24(1):257-65.
59. Warren GL, Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Millard-Stafford ML. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* juill 2010;42(7):1375-87.
60. Caféine — Wikipédia [Internet]. [cité 22 mai 2018]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Caf%C3%A9ine>
61. Warber JP, Patton JF, Tharion WJ, Zeisel SH, Mello RP, Kemnitz CP, et al. The Effects of Choline Supplementation on Physical Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 1 juin 2000;10(2):170-81.
62. Elsayy G, Abdelrahman O, Hamza A. Effect of Choline Supplementation on Rapid Weight Loss and Biochemical Variables Among Female Taekwondo and Judo Athletes. *J Hum Kinet.* 2014;40(1):77–82.
63. Choline. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 22 mai 2018]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Choline&oldid=148530233>
64. Chiffres clés 2017 du marché des compléments alimentaires [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: http://www.synadiet.org/sites/default/files/page/files/chiffres_cles_2017_du_marche_des_complements_alimentaires_-_synadiet.pdf
65. Eafit [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.eafit.com/marque-francaise>
66. STC Nutrition [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <http://www.stc-nutrition.fr/fr/112-fort-et-muscle>

67. Le Moniteur des. Proximité et disponibilité : l'officine vue par les Français - 30/09/2015 - Actu - Le Moniteur des pharmacies.fr [Internet]. Le Moniteur des pharmacie.fr. [cité 21 mai 2018].
Disponible sur: <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/actu/actualites/actus-socio-professionnelles/150930-proximite-et-competence-l-officine-vue-par-les-francais.html>
68. Nombre d'officines - Le pharmacien - Ordre National des Pharmaciens [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <http://www.ordre.pharmacien.fr/Le-pharmacien/Secteurs-d-activite/Pharmacie/Cartes-regionales-Officine/Nombre-d-officines>
69. Cespharm - Fiche d'information professionnelle - Compléments alimentaires et dopage - brochure [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <http://www.cespharm.fr/fr/Prevention-sante/Catalogue/Fiche-d-information-professionnelle-Complements-alimentaires-et-dopage-brochure>
70. Dispositif national de nutrivigilance | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 21 mai 2018]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/dispositif-national-de-nutrivigilance>

Université de Lille 2
FACULTE DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES DE LILLE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2017/2018

Nom : NEEL
Prénom : Sarah

Titre de la thèse : La nutrition du sportif : rôle et conseils du pharmacien

Mots-clés : Nutrition, Nutriments, Sportif, Compléments alimentaires, Réglementation, Alimentation

Résumé :

Depuis les dernières décennies, on constate un réel engouement pour la pratique sportive.

Tout comme l'entraînement et la récupération, l'alimentation constitue un facteur déterminant de la performance sportive. L'organisme ayant un métabolisme particulier et des besoins modifiés en raison de son activité, des adaptations alimentaires vont s'imposer chez le sportif, afin d'éviter les carences, de prévenir la fatigue musculaire, et les blessures tout en optimisant ses capacités physiques.

L'explosion du marché des compléments alimentaires n'épargne pas le monde du sport, avec de nombreux produits proposés, via différents réseaux de distribution, dont la pharmacie fait partie.

En tant que professionnel de santé en première ligne face aux demandes du sportif, le pharmacien d'officine se doit d'avoir les connaissances suffisantes afin d'orienter au mieux le sportif et de jouer son rôle d'acteur essentiel dans la prévention du dopage lié à la consommation de ces substances.

Membres du jury :

Président : Pr Bernard GRESSIER, Professeur de Pharmacologie à la faculté de Pharmacie de Lille, Praticien Hospitalier au Centre Hospitalier d'Armentières

Assesseur(s) : Pr Thierry DINE, Professeur de Pharmacie clinique à la faculté de Pharmacie de Lille, Praticien Hospitalier au Centre Hospitalier d'Haubourdin

Membre(s) extérieur(s) : Dr David-James KENNEDY, Pharmacien d'officine à Villeneuve d'Ascq