

UNIVERSITE TOULOUSE III PAUL SABATIER
FACULTE DE SANTE
DEPARTEMENT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNEE: **2024**

THESE 2024 TOU3 2127

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement
Par

Madame Justine BOISSONNET

**NUTRITION CHEZ LE SPORTIF : ETUDE DE LA CONSOMMATION EN
PROTEINES ET DERIVES CHEZ CELUI-CI ET PLACE DU PHARMACIEN
D'OFFICINE**

Le 5 Décembre 2024

Directeur de thèse : Madame Cendrine CABOU

JURY

Président : Madame Florence TABOULET
1er assesseur : Madame Cendrine CABOU
2ème assesseur : Madame ORSONI Julie

PERSONNEL ENSEIGNANT
du Département des Sciences Pharmaceutiques de la Faculté de santé
au 24/08/2024

Professeurs Emérites

Mme BARRE A.	Biologie Cellulaire
M. BENOIST H.	Immunologie
Mme ROQUES C.	Bactériologie - Virologie
M. ROUGE P.	Biologie Cellulaire
M. SALLES B.	Toxicologie

M. PARINI A. Physiologie

Professeurs des Universités

Hospitalo-Universitaires

Mme AYYOUB M.	Immunologie
M. CESTAC P.	Pharmacie Clinique
M. CHATELUT E.	Pharmacologie
Mme DE MAS MANSAT V.	Hématologie
M. FAVRE G.	Biochimie
Mme GANDIA P.	Pharmacologie
M. PASQUIER C.	Bactériologie - Virologie
Mme ROUSSIN A.	Pharmacologie
Mme SALLERIN B. (Directrice-adjointe)	Pharmacie Clinique
M. VALENTIN A.	Parasitologie

Universitaires

Mme BERNARDES-GENISSON V.	Chimie thérapeutique
Mme BOUTET E.	Toxicologie - Sémiologie
Mme COSTE A.	Parasitologie
Mme COUDERC B.	Biochimie
M. CUSSAC D. (Doyen-directeur)	Physiologie
Mme DERA EVE C.	Chimie Thérapeutique
Mme ECHINARD-DOUIN V.	Physiologie
M. FABRE N.	Pharmacognosie
Mme GIROD-FULLANA S.	Pharmacie Galénique
M. GUIARD B.	Pharmacologie
M. LETISSE F.	Chimie pharmaceutique
Mme MULLER-STAUMONT C.	Toxicologie - Sémiologie
Mme REYBIER-VUATTOUX K.	Chimie analytique
M. SEGUI B.	Biologie Cellulaire
Mme SIXOU S.	Biochimie
Mme TABOULET F.	Droit Pharmaceutique
Mme WHITE-KONING M.	Mathématiques

Maîtres de Conférences des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. DELCOURT N.	Biochimie
Mme JOUANJUS E.	Pharmacologie
Mme JUILLARD-CONDAT B.	Droit Pharmaceutique
Mme KELLER L.	Biochimie
M. PUISSET F. (*)	Pharmacie Clinique
Mme ROUCH L. (*)	Pharmacie Clinique
Mme ROUZAUD-LABORDE C	Pharmacie Clinique
Mme SALABERT A.S.	Biophysique
Mme SERONIE-VIVIEN S (*)	Biochimie
Mme THOMAS F. (*)	Pharmacologie

Universitaires

Mme ARELLANO C. (*)	Chimie Thérapeutique
Mme AUTHIER H.	Parasitologie
M. BERGE M. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme BON C. (*)	Biophysique
M. BOUJILA J. (*)	Chimie Analytique
M. BROUILLET F. (*)	Pharmacie Galénique
Mme CABOU C.	Physiologie
Mme CAZALBOU S. (*)	Pharmacie Galénique
Mme CHAPUY-REGAUD S. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme COLACIOS C. (*)	Immunologie
Mme EL GARAH F.	Chimie Pharmaceutique
Mme EL HAGE S.	Chimie Pharmaceutique
Mme FALLONE F.	Toxicologie
Mme FERNANDEZ-VIDAL A.	Toxicologie
Mme GADEA A.	Pharmacognosie
Mme HALOVA-LAJOIE B.	Chimie Pharmaceutique
Mme LEFEVRE L.	Physiologie
Mme LE LAMER A-C. (*)	Pharmacognosie
M. LE NAOUR A.	Toxicologie
M. LEMARIE A. (*)	Biochimie
M. MARTI G.	Pharmacognosie
Mme MONFERRAN S (*)	Biochimie
M. PILLOUX L.	Microbiologie
Mme ROYO J.	Chimie Analytique
M. SAINTE-MARIE Y.	Physiologie
M. STIGLIANI J-L.	Chimie Pharmaceutique
M. SUDOR J. (*)	Chimie Analytique
Mme TERRISSE A-D.	Hématologie
Mme TOURRETTE-DIALLO A. (*)	Pharmacie Galénique
Mme VANSTEELANDT M.	Pharmacognosie

(*) Titulaire de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Enseignants non titulaires

Assistants Hospitalo-Universitaires

M. AL SAATI A	Biochimie
Mme BAKLOUTI S.	Pharmacologie
Mme CLARAZ P.	Pharmacie Clinique
Mme CHAGNEAU C.	Microbiologie
Mme DINTILHAC A	Droit Pharmaceutique
M. GRACIA M.	Pharmacologie
Mme RIGOLOT L	Biologie Cellulaire, Immunologie
Mme STRUMIA M.	Pharmacie Clinique

Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Mme CROSSAY E.	Pharmacognosie
Mme GRISETI H.	Biochimie
Mme MALLI S.	Pharmacie Galénique
Mme MTAT DALILA D.	Chimie Pharmaceutique
Mme MONIER M.	Microbiologie
M. TABTI R.	Chimie Thérapeutique

REMERCIEMENTS

À Madame Cendrine CABOU, Directrice de thèse et membre du jury,

Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude pour m'avoir accompagnée tout au long de la rédaction de cette thèse. Votre confiance, votre soutien ainsi que vos conseils précieux ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Votre patience et votre disponibilité ont joué un rôle crucial, et je vous en remercie chaleureusement.

Aux membres du jury,

Madame la Professeure Florence TABOULET, je vous remercie d'avoir accepté de présider mon jury de thèse et de l'intérêt que vous avez porté à mon sujet. Votre présence est un véritable honneur pour moi. Veuillez recevoir l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

Madame Julie ORSONI, merci d'avoir accepté de juger mon travail en rejoignant mon jury de thèse. Je vous adresse tous mes vœux de succès et de bonheur tant dans votre carrière professionnelle que dans vos engagements sportifs.

A ma famille,

Papa, Maman, je ne pourrai jamais vous remercier assez pour votre soutien inconditionnel, votre présence bienveillante et votre patience tout au long de ces années d'études. Merci d'avoir veillé à ce que je ne manque de rien et pour tout l'amour que vous m'avez donné. Vous avez toujours été à l'écoute dans mes moments de doute et d'incertitude, et je vous en suis profondément reconnaissante. Vous avez largement contribué à ma réussite.

À mes cousins et cousines, qui sont pour moi de véritables frères et sœurs — Maxime, Chrystelle, Christophe, Sébastien, Mathilde et Marion —, merci d'avoir toujours été là, pour votre présence réconfortante et votre soutien sans faille.

Une pensée spéciale également pour **mes tantes, oncles et grands-parents** : merci à vous pour votre affection et votre soutien. J'ai conscience de la chance que j'ai eue de grandir entourée de vous.

Et à toi, **Mamie**, j'espère que de là-haut, tu es fière de moi. Tes petits plats et ta gentillesse resteront gravés à jamais dans ma mémoire.

A mes collègues,

A **l'équipe de la pharmacie Prat**, merci pour votre accueil, votre joie de vivre et votre générosité pendant toutes ces années à vos côtés. Ce fut un plaisir de travailler avec vous.

A **l'équipe de la pharmacie Duclos-Molinier**, merci pour votre bienveillance, votre joie de vivre, vos conseils et vos encouragements durant la réalisation de cette thèse.

A mes amis,

Florine et Laura, je vous remercie pour toutes ces années passées ensemble. J'ai eu la chance de grandir à vos côtés, entourée de votre optimisme et de votre bienveillance.

Aux Lannemezanaises, Laura, Lucie, Fanny, Maëva, Élodie, Louane, merci pour les belles années de lycée et pour les moments partagés après. Votre amitié, votre bonne humeur et votre soutien moral m'ont toujours été précieux.

Aux copines de Toulouse, de la PACES jusqu'à aujourd'hui — Camille, Émilie, Léane, Mylène, Lou-Anne, Bertille, Chloé, Lucille, Perrine, Élixa, Émilie, Orane... —, merci d'avoir été à mes côtés tout au long de ces années. J'espère sincèrement que nous resterons proches malgré la distance.

Aux copains de la vallée d'Aure — Thomas, Benjamin, Flore et Cécile —, merci pour votre bonne humeur contagieuse et pour tous les merveilleux moments passés ensemble.

À mes entraîneurs et équipes de rugby, qui m'ont transmis l'amour de ce sport et inspiré mon sujet de thèse, merci. Du CALF aux Porcinettes avec Flora et Inès, en passant par l'ACTR avec Manue, Vallau et Loïse, merci pour les matchs partagés et votre enthousiasme.

À toi, Jules, merci d'avoir cru en moi, pour ta patience inébranlable et ton soutien quotidien. Merci pour tout ce que tu m'apportes chaque jour et pour tous les moments qui nous attendent encore. Je suis infiniment chanceuse de t'avoir dans ma vie.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes celles et ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de cette thèse.

« L'exercice est roi, la nutrition est reine »

Jack Lalanne

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	4
TABLE DES MATIERES	7
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	10
LISTE DES TABLEAUX	12
LISTE DES ABREVIATIONS	13
INTRODUCTION	14
I. LES BESOINS NUTRITIONNELS SPECIFIQUES DU SPORTIF	15
A. Les macronutriments chez le sportif.....	15
1. Les glucides.....	15
2. Les lipides	18
3. Les protéines	21
B. L'hydratation	24
C. Les micronutriments.....	24
D. Les filières énergétiques.....	25
1. La voie anaérobie alactique.....	26
2. La voie anaérobie lactique.....	27
3. La voie aérobie	28
II. LES SUPPLEMENTS NUTRITIONNELS POUR LE SPORTIF, FOCUS SUR LA SUPPLEMENTATION EN PROTEINES CHEZ CELUI-CI.....	30
A. Les suppléments nutritionnels chez le sportif.....	30
B. Les suppléments glucidiques.....	30
1. Boissons énergétiques.....	30
2. Gels énergétiques.....	31
3. Barres énergétiques	31
C. Les sels minéraux et électrolytes	33
1. Boissons électrolytes	34
2. Comprimés ou poudres d'électrolytes	34
3. Compléments alimentaires riches en minéraux (magnésium, calcium, potassium...)	35
4. Les antioxydants :	35
D. Les produits stimulants :	36
1. La caféine :	36
2. Le guarana :	36

3.	Le ginseng :.....	37
E.	Les suppléments protéinés.....	37
1.	Les différents types de protéines :.....	38
a)	La Whey protéine	38
b)	La caséine	40
c)	Les mélanges whey/caséine	40
d)	Les protéines d'œufs	41
e)	Les protéines végétales	41
f)	Les gainers	43
2.	Les acides aminés	44
a)	Les BCAA.....	44
b)	La glutamine	48
c)	Le pré-workout.....	49
3.	Les dérivés	50
a)	La créatine	50
b)	Le β -hydroxy- β -méthylbutyrate (HMB).....	52
c)	La carnitine	53
F.	Conclusion	55
III.	ETUDE DE L'IMPACT DE LA NUTRITION CHEZ LE SPORTIF, SA CONSOMMATION EN PROTEINES ET L'ENCADREMENT POSSIBLE DU SORTIF PAR LE PHARMACIEN D'OFFICINE	56
A.	Objet de l'étude	56
B.	Méthodologie	57
C.	Résultats obtenus.....	57
1.	Population sportive de l'étude	57
2.	Prise de produits à base de protéines ou dérivés chez le sportif.....	59
3.	Rôle du pharmacien dans la prise en charge du sportif à l'officine	61
D.	Analyses.....	62
1.	Course à pied / trail	63
2.	Rugby.....	65
3.	Musculation / Crossfit	67
E.	Le rôle du pharmacien dans l'accompagnements des sportifs.....	69
F.	Conclusions de l'étude	71
IV.	ROLE DU PHARMACIEN CHEZ LE SPORTIF, REGLEMENTATION ET LUTTE CONTRE LE DOPAGE	73
A.	Rôle du pharmacien.....	73
B.	Compléments alimentaires (CA).....	74
1.	Réglementation	76
2.	Types d'Allégations.....	77

3. Sécurité et Risques	78
4. Conclusion	80
C. Nutrivigilance.....	80
D. Dopage	82
CONCLUSION	86
ANNEXES.....	87
BIBLIOGRAPHIE.....	95

TABLE DES ILLUSTRATIONS

- Figure 1 : Structure chimique d'un sucre simple, le glucose
- Figure 2 : Structure chimique d'un sucre complexe, l'amidon
- Figures 3 : Structures des différents types d'acides gras alimentaires
- Figures 4 : Configurations cis et trans
- Figure 5 : Structure de base d'un acide aminé
- Figure 6 : Hydrolyse de l'ATP en ADP
- Figure 7 : La glycolyse anaérobie
- Figure 8 : Le cycle de Krebs
- Figure 9 : Courbes de contribution des 3 systèmes énergétiques en fonction du temps d'effort et de l'intensité
- Figure 10 : Exemples de boissons énergétiques destinés aux sportifs
- Figures 11 : Structures chimiques des glucides alimentaires
- Figure 12 : Exemples de gels et barres énergétiques
- Figure 13 : Exemples de boissons électrolytes sous forme de poudre
- Figure 14 : Exemples de comprimés d'électrolytes à diluer
- Figures 15 : Structures chimiques de composés proches du Ginseng
- Figure 16 : Représentation des taux plasmatiques de progestérone chez les consommateurs de protéines végétales à base de soja
- Figure 17 : Représentation des taux plasmatiques d'œstrogènes chez les consommateurs de protéines végétales à base de soja
- Figure 18 : Exemple de gainers
- Figures 19 : Structures chimiques des trois acides aminés appartenant au groupe des BCAA
- Figure 20 : Représentation du taux de synthèse de protéines myofibrillaires FSR
- Figure 21 : Structure chimique de la glutamine
- Figure 22 : Voie de métabolisation de l'ammoniac en glutamine
- Figure 23 : Voies de synthèse de la créatine
- Figure 24 : Structures chimiques
- Figure 25 : Voie de la phosphocréatine
- Figure 26 : Structure chimique du β -hydroxy- β -méthylbutyrate
- Figure 27 : Structure chimique de la L-carnitine
- Figure 28 : Beta-oxydation mitochondriale des acides gras
- Figure 29 : Population sportive ayant répondu à l'étude
- Figure 30 : Tranches d'âge des participants de l'étude
- Figure 31 : Fréquence de sport par semaine des participants à l'étude
- Figure 32 : Nombre de personnes ayant déjà consommé des protéines ou dérivés

Figure 33 : Raisons pour lesquelles les participants de l'étude consomment des protéines ou dérivés

Figure 34 : Lieux où les consommateurs de protéines et dérivés achètent leurs produits

Figure 35 : Bénéfices à consommer ces produits protéinés

Figures 36 et 37 : Place des professionnels de santé et en particulier du pharmacien d'officine dans l'encadrement et le suivi du sportif

Figure 38 : Motivations des coureurs/traileurs à consommer des protéines et dérivés

Figure 39 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les coureurs/traileurs

Figure 40 : Lieux d'achats des protéines et dérivés des coureurs/traileurs

Figure 41 : Motivations des rugbymans à consommer des protéines et dérivés

Figure 42 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les rugbymans

Figure 43 : Lieux d'achats des protéines et dérivés des rugbymans

Figure 44 : Motivations des pratiquants de musculation/crossfit à consommer des protéines et dérivés

Figure 45 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les pratiquants de musculation/crossfit

Figure 46 : Lieux d'achat des protéines et dérivés des pratiquants de musculation/crossfit

Figure 47 : Rôle du pharmacien d'officine dans la prise en charge des sportifs étudiés

Figure 48 : Accompagnement et suivi des sportifs étudiés

Figure 49 : Niveau de connaissances des médecins généralistes et des pharmaciens sur le dopage dans le sport

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Recommandations des besoins en glucides chez le sportif

Tableau 2 : Recommandations des besoins en protéines chez le sportif

Tableau 3 : Les différents produits étudiés par l'IRBMS

Tableau 4 : ANC recommandés par l'ANSES pour trois acides aminés et pour trois catégories de poids

LISTE DES ABREVIATIONS

AA : acide aminé
ACD : agent de contrôle du dopage
ADP : adénosine diphosphate
AFLD : Agence Française de Lutte contre le Dopage
AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AG : acide gras
AGMI : acide gras monoinsaturé
AGPI : acide gras polyinsaturé
AGS : acide gras saturé
AMA : Agence Mondiale Antidopage
AMM : autorisation de mise sur le marché
AMP : adénosine monophosphate
AMPD : Antennes Médicales Prévention Dopage
ANC : apport nutritionnel conseillé
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail
ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicaments et des autres produits de santé
ATP : adénosine triphosphate
AUT : autorisation d'usage à des fins thérapeutiques
AVC : accident vasculaire cérébral
BCAA : branched chain amino acids (acide aminé à chaîne ramifiée)
CA : complément alimentaire
CESPHARM : Comité d'Education Sanitaire et Sociale de la Pharmacie française
Cr : créatine
DCI : dénomination commune internationale
DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
EFSA : European Food Safety Authority
ENSM : Ecole Nationale des Sports de Montagne
EPO : érythropoïétine
HGH : human growth hormone (hormone de croissance)
HBM : β -hydroxy- β -méthylbutyrate
IRBMS : Institut de la Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé
PCr : phosphocréatine
Pi : phosphate inorganique
SFNS : Société Française de Nutrition et du Sport

INTRODUCTION

La nutrition, définie comme « la science qui étudie l'alimentation et les aliments sous tout leur aspect et l'ensemble des processus d'assimilation et de désassimilation des aliments par l'organisme » (1), joue un rôle fondamental dans la performance sportive et la récupération. Que l'on parle d'athlètes professionnels ou de sportifs amateurs, une alimentation équilibrée et adaptée constitue un pilier incontournable pour optimiser la santé et les performances physiques.

En effet, la pratique sportive impose des adaptations physiologiques importantes au corps humain, qui modifient les besoins énergétiques et nutritionnels. En raison d'une dépense énergétique accrue, les sportifs nécessitent une alimentation ajustée tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Dans cette perspective, les macronutriments (glucides, lipides, protéines) et micronutriments (vitamines, minéraux, oligoéléments) jouent un rôle clé. Les glucides, par exemple, apportent l'énergie nécessaire à l'effort, tandis que les protéines sont essentielles pour la construction et la réparation des fibres musculaires. Quant aux lipides, souvent sous-estimés, ils sont impliqués dans la production d'énergie à long terme.(2)

La demande croissante de conseils en matière de nutrition sportive s'accompagne d'une multiplication de produits diététiques sur le marché et les suppléments protéiques y occupent une place de choix. Utilisés pour soutenir la croissance musculaire, améliorer la récupération et renforcer l'endurance, ces suppléments se déclinent sous diverses formes (poudres, barres, shakers, etc.) et sont largement intégrés dans les routines alimentaires dans le monde du sport.

Cependant, bien que leurs bienfaits soient pour certains avérés, l'utilisation des suppléments protéiques requiert une vigilance particulière. Un usage non encadré peut entraîner des excès, des carences ou d'autres effets indésirables.(3)

Dans ce contexte, le rôle du pharmacien d'officine devient primordial. Professionnel de santé de proximité, il est l'interlocuteur privilégié pour conseiller et informer sur l'usage des suppléments nutritionnels, y compris les protéines. En tant que garant de la sécurité et de la bonne utilisation des produits, le pharmacien joue un rôle clé dans la prévention des risques liés à une surconsommation, à des interactions médicamenteuses, ou à des contre-indications spécifiques à certains patients tout en assurant un encadrement éthique, notamment face aux risques de dopage. De plus, il peut guider les sportifs vers un choix de compléments nutritionnels adaptés à leurs besoins réels, tout en respectant un équilibre nutritionnel global de qualité.

L'objectif de cette thèse est d'examiner les aspects nutritionnels spécifiques des sportifs, avec une attention particulière portée sur les suppléments à base de protéines et dérivés. Par ailleurs, elle explorera le rôle central que peut jouer le pharmacien d'officine dans l'accompagnement des sportifs pour garantir un usage sécurisé et approprié de ces produits.

Ce travail s'articulera autour de plusieurs axes : tout d'abord, l'analyse des besoins nutritionnels spécifiques aux sportifs puis les différents suppléments nutritionnels disponibles sur le marché en se focalisant principalement sur les suppléments protéinés ainsi qu'une enquête sur les pratiques nutritionnelles des sportifs et le rôle déterminant du pharmacien d'officine dans leur suivi et leur accompagnement.

L'objectif est de mettre en lumière l'importance d'une éducation nutritionnelle appropriée et d'un encadrement de qualité pour les sportifs, dans le but de promouvoir des pratiques alimentaires saines et sécurisées.

I. LES BESOINS NUTRITIONNELS SPECIFIQUES DU SPORTIF

A. Les macronutriments chez le sportif

Les macronutriments regroupent les glucides, lipides et protéines et sont sources d'énergie pour le sportif.

1. *Les glucides*

Les glucides, également appelés hydrates de carbone, sont des nutriments essentiels dans notre alimentation. Ils sont facilement reconnaissables par leur nom se terminant en « ose » ou « ol » (comme le lactose, le glucose, le galactose, le fructose, l'arabinose, le sorbitol, le mannitol ou encore le xylitol). Ces composés sont très diversifiés et appartiennent à une grande famille de molécules organiques. Ils sont constitués de chaînes de carbones, comportant des fonctions alcools et, selon leur structure, soit une cétone soit un aldéhyde. Cela permet de les classer en deux grandes catégories : les cétones dont le fructose est un exemple, et les aldoses comme le glucose.(4)

Leur hétérogénéité se reflète également dans leur degré de polymérisation (nombre de molécules d'unités de base dans la chaîne) et leur devenir métabolique. Ainsi, on distingue les glucides simples (monosaccharides qui comportent 5 à 6 atomes de carbone, comme le glucose et le fructose et qui sont rapidement absorbés car n'ont pas besoin d'hydrolyse avant leur métabolisation) des glucides complexes (oligosaccharides comportant 2 à 10 monosaccharides comme le galactose, le lactose ou polysaccharides comportant au moins 10

monosaccharides, comme l'amidon et la cellulose). Les glucides jouent un rôle fondamental dans le métabolisme énergétique de l'organisme, en particulier pour les sportifs.



Figure 1 : Structure chimique d'un sucre simple, le glucose

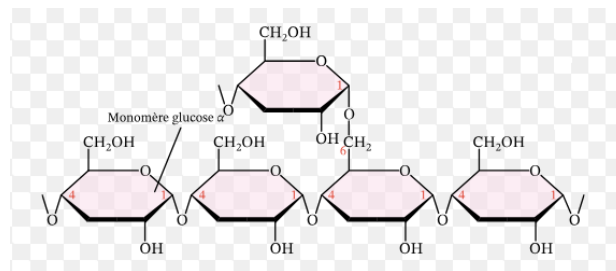


Figure 2 : Structure chimique d'un sucre complexe, l'amidon

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), devenue l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail) , a établi des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) pour chaque nutriment, y compris les glucides. Pour une personne sédentaire, il est recommandé que 45 à 55 % des apports énergétiques journaliers proviennent des glucides.(5) Cependant, pour les sportifs, les besoins en glucides sont augmentés à 50-60% de l'apport énergétique total, car les glucides constituent la principale source d'énergie nécessaire au maintien de la performance et à la récupération après l'effort.

Les glucides occupent une place centrale dans la performance sportive. (6)

Lorsqu'ils sont consommés, ils apportent du glucose à l'organisme. Dans le sang, ce dernier est stocké sous forme de glycogène dans les muscles et le foie. Ce glycogène représente la réserve d'énergie que le corps utilise principalement lors d'efforts prolongés ou intenses. En effet, durant un exercice physique intense, l'organisme puise directement dans ses réserves pour alimenter les muscles en énergie. Lorsque ces réserves s'épuisent, la performance diminue, la fatigue musculaire s'installe, et le risque de blessures augmente. Une diminution

importante des réserves de glycogène peut également entraîner une récupération plus longue et moins efficace après l'effort.

Les besoins en glucides d'un sportif varient selon plusieurs facteurs : le type d'activité pratiquée, l'intensité et la durée de l'exercice, ainsi que les objectifs spécifiques de chaque athlète (maintien de la forme, amélioration des performances, récupération optimale...). Les recommandations glucidiques chez les sportifs sont donc généralement exprimées en grammes par kilogramme de poids corporel (g/kg/j), afin de personnaliser les apports selon les caractéristiques individuelles.

Types d'exercices	Objectif	Besoins en glucides
Exercice de faible intensité (marche, yoga...)	Maintenir une glycémie suffisante sans puiser dans les réserves de glycogène	3 à 5 g/kg/j
Exercice d'intensité modérée (environ 1h, running léger, sport d'équipe...)	Reconstituer les réserves en glycogène pour soutenir les efforts répétés	5 à 7 g/kg/j
Exercice d'intensité élevée (1 à 3h environ, course à pied, cyclisme...)	Maximiser les réserves en glycogène	6 à 10 g/kg/j
Exercice d'intensité très élevée (4 à 5h environ, marathon, triathlon, trail...)	Maximiser les réserves en glycogène et optimiser la récupération entre les séances	7 à 12 g/kg/j

Tableau 1 : Recommandations des besoins en glucides chez le sportif (7)

La gestion de l'apport en glucides ne se résume pas uniquement à la quantité, mais également au timing et au type de glucides consommés.

Pour maximiser les performances et optimiser la récupération, il est crucial de varier entre glucides à index glycémique bas et glucides à index glycémique élevé, selon le moment de la prise alimentaire.

Quelques heures avant l'effort, il est recommandé d'opter pour des glucides à faible index glycémique (sucres lents), comme les féculents (pâtes, riz complet, pain complet). Ces aliments permettent de constituer des réserves de glycogène qui seront mobilisées durant l'effort.(4)

Quelques minutes avant l'exercice et pendant l'effort, il est préférable de consommer des glucides à index glycémique élevé (sucres rapides), qui sont rapidement absorbés et mobilisables. Des aliments comme les fruits secs, les gels énergétiques ou boissons énergétiques peuvent fournir de l'énergie instantanée.(8) Cependant, ces apports doivent être modérés pour éviter une augmentation excessive de la production d'insuline, qui pourrait provoquer une chute de la glycémie et/ou un inconfort digestif pendant l'exercice.

La période post-exercice est cruciale pour reconstituer les réserves de glycogène et favoriser la récupération musculaire. Il est recommandé de consommer des glucides dans les 30 minutes à une heure suivant l'effort, accompagnés de protéines pour faciliter la reconstruction musculaire. Par exemple, un repas équilibré comprenant des glucides (pain, riz, pâtes) et des protéines (œufs, poulet, yaourt) est idéal pour une récupération optimale.

L'apport en glucides, tant en termes de quantité que de qualité, est un facteur déterminant pour la performance sportive. Un équilibre optimal permet de maintenir des niveaux d'énergie constants, de retarder l'apparition de la fatigue et d'améliorer la récupération après l'effort. Cela est particulièrement vrai pour les sports d'endurance, où la gestion des réserves énergétiques est primordiale. Une bonne stratégie nutritionnelle, adaptée aux besoins individuels, peut donc faire la différence entre une performance moyenne et une performance optimale.(9)

En résumé, les glucides sont le carburant principal du sportif. Pour optimiser la performance et la récupération, il est essentiel de veiller à un apport adéquat, en tenant compte du type de sport, de l'intensité de l'exercice et des moments clés de la journée. Une alimentation riche en glucides complexes avant et après l'effort, complétée par des glucides simples pendant l'effort, constitue une stratégie efficace pour maximiser le potentiel énergétique et favoriser une récupération rapide et complète.

2. *Les lipides*

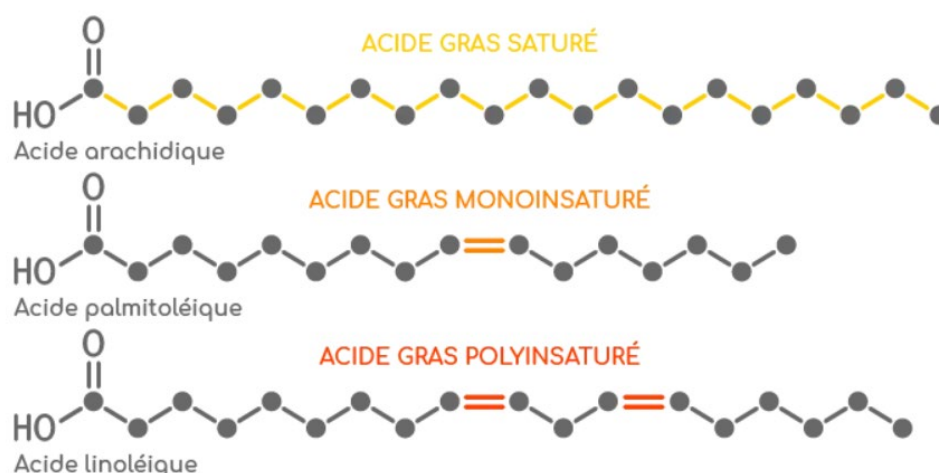
Les lipides, également appelés graisses, sont des molécules insolubles dans l'eau. Bien que souvent associés à une prise de poids ou à des maladies, ils remplissent des fonctions essentielles dans l'organisme. Contrairement à leur mauvaise réputation, les lipides jouent un rôle crucial en tant que réserves d'énergie. Stockés sous forme d'acides gras dans les adipocytes du tissu adipeux, ils fournissent une énergie lente et durable, particulièrement utile lors d'activités prolongées et d'intensité modérée.

Un gramme de lipides apporte 9 kcal, soit plus du double de l'énergie fournie par les glucides ou les protéines.

Outre leur rôle énergétique, les lipides ont une fonction structurelle dans les membranes cellulaires, une fonction endocrinienne en participant à la synthèse des hormones, et facilitent l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E et K).

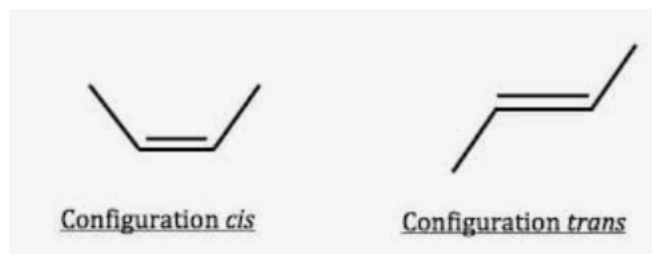
Les acides gras sont les composants essentiels des lipides, formés d'une chaîne carbonée et d'un groupement carboxyle. Leur classification dépend du degré d'insaturation (nombre de doubles liaisons) de la chaîne carbonée, avec différentes catégories :

- Acides gras saturés (AGS) : Ces acides gras, dépourvus de double liaison, sont présents dans des aliments tels que les viandes rouges, le beurre, et les produits laitiers. Une consommation excessive peut accroître le risque de maladies cardiovasculaires, ce qui justifie la recommandation de limiter leur consommation.
- Acides gras mono-insaturés (AGMI) : Avec une seule double liaison, ces acides gras se trouvent principalement dans les poissons gras et les huiles végétales. Ils sont bénéfiques pour la santé cardiaque.
- Acides gras polyinsaturés (AGPI) : Ces acides gras possèdent au moins deux doubles liaisons et incluent les oméga-3 (ω 3) et oméga-6 (ω 6). Les ω 3, comme l'acide alpha-linolénique et l'acide eicosapentaénoïque, sont essentiels pour la santé cérébrale et la prévention des maladies cardiovasculaires. Ils se trouvent dans les poissons gras et les oléagineux. Les ω 6, tels que l'acide linoléique et l'acide arachidonique, sont présents dans les huiles végétales. Il est recommandé de privilégier les ω 3, avec un rapport idéal de 1:4 entre ω 3 et ω 6, bien que dans certains pays occidentaux, la consommation de ω 6 est souvent 30 fois supérieure à celle des ω 3.
- Acides gras trans : Ces acides gras, en configuration trans, sont présents dans les aliments frits et industriels. Ils doivent être évités car ils augmentent le risque de maladies cardiovasculaires et nuisent à la récupération et aux performances sportives.(4)



Figures 3 : Structures chimiques des différents types d'acides gras alimentaires

Exemple d'acide gras insaturé avec 1 double liaison (acide palmitoléique, 16 carbones) et 2 doubles liaisons (acide linoléique, 18 carbones) et d'un acide gras à longue chaîne saturé, l'acide arachidique (20 carbones).



Figures 4 : Configurations cis et trans

Les besoins en lipides d'un sportif varient en fonction du type de sport, de la durée et de l'intensité de l'entraînement. Contrairement aux glucides, les lipides ne doivent pas être consommés en excès avant un exercice intense, car leur digestion est plus lente et peut provoquer des troubles digestifs ou une baisse de performance.

En général, les lipides devraient représenter entre 25 et 35 % des apports énergétiques totaux chez les sportifs, conformément aux recommandations pour la population générale. Cependant, la quantité peut varier selon les besoins spécifiques de chaque athlète.

Ce qui importe avant tout, c'est la qualité des graisses consommées. Les graisses insaturées, notamment les oméga-3 et oméga-6, sont essentielles pour la santé cardiovasculaire et les fonctions cérébrales. En revanche, les graisses saturées et les acides gras trans doivent être limités en raison de leur impact négatif sur la santé et la performance.(10)

Le timing de la consommation des lipides est crucial pour éviter les inconforts digestifs et garantir un apport énergétique optimal.

Il est recommandé de limiter la consommation de lipides avant une séance d'entraînement ou une compétition, car leur digestion lente peut entraîner des troubles gastro-intestinaux.

Les lipides ne sont pas prioritaires immédiatement après l'exercice, lorsque l'organisme doit reconstituer ses réserves de glycogène à l'aide de glucides et soutenir la récupération musculaire avec des protéines. Cependant, dans un repas équilibré post-entraînement, des lipides de qualité sont importants pour une récupération à long terme.(11)

Bien que les lipides ne soient pas la source d'énergie prioritaire pour les activités à haute intensité, ils sont indispensables à une nutrition sportive équilibrée. Leur rôle est souvent secondaire par rapport aux glucides et aux protéines, mais ils sont essentiels à la performance sur le long terme, à la santé générale et à la régulation hormonale, en particulier dans les sports d'endurance.

Les sportifs doivent donc veiller à consommer des graisses de qualité, en privilégiant les graisses insaturées et en limitant les graisses saturées et trans. Une alimentation riche en lipides sains permet de maintenir un métabolisme énergétique optimal, d'améliorer la récupération et de prévenir les blessures liées à l'inflammation.(2)

En résumé, bien que souvent sous-estimés, les lipides jouent un rôle fondamental dans l'alimentation du sportif et contribuent à une performance durable et à une santé optimale.

3. Les protéines

Les protéines sont des macromolécules essentielles constituées de chaînes d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques. Ces chaînes peuvent varier en longueur, ce qui confère aux protéines une grande diversité de propriétés biochimiques. Chaque acide aminé est composé d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, éléments fondamentaux pour leur structure. (4)

Chez l'être humain, on trouve 20 acides aminés différents, dont huit sont dits essentiels. Ces acides aminés essentiels ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme adulte et doivent donc impérativement être apportés par l'alimentation. Ces sources peuvent être d'origine animale, comme la viande, le poisson et les œufs, ou d'origine végétale, telles que les légumineuses, les céréales et les oléagineux.

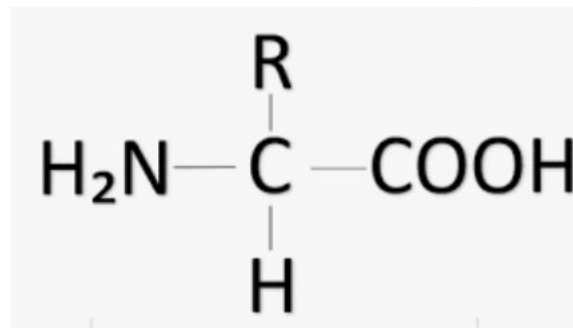


Figure 5 : Structure de base d'un acide aminé

La qualité des protéines est un facteur important à considérer. Elle dépend de la capacité des protéines à fournir des acides aminés essentiels. Les protéines animales sont généralement considérées de meilleure qualité biologique, car elles contiennent une proportion plus élevée de ces acides aminés essentiels, ce qui permet de mieux répondre aux besoins de l'organisme adulte. (12)

À l'inverse, les protéines d'origine végétale, bien que tout à fait utiles, sont souvent déficientes en acides aminés soufrés comme la méthionine et en lysine.

Cependant, il est possible d'obtenir un profil complet en acides aminés en combinant différentes sources végétales dans l'alimentation, par exemple en associant des légumineuses et des céréales.(13)

Les protéines jouent des rôles multiples et variés dans le corps humain. Elles sont essentielles à la structure des tissus : le collagène, par exemple, est une protéine structurale majeure dans la peau et les tendons. De nombreuses enzymes sont également des protéines, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques tels que la digestion ou la production d'énergie. (4)

Les protéines jouent également un rôle dans la régulation hormonale, en assurant la transmission de signaux dans le corps via des hormones comme l'insuline et le glucagon. De plus, certaines protéines, comme l'hémoglobine, sont responsables du transport de molécules dans le sang, facilitant par exemple le transport de l'oxygène vers les tissus.(12)

En raison de la diversité de leurs fonctions, les protéines sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Pour une personne sédentaire, il est recommandé de consommer environ 0,8 g de protéines par kilogramme de poids corporel par jour, soit entre 12 et 16 % des apports énergétiques totaux. Ces besoins sont généralement couverts par une alimentation équilibrée et variée, incluant des sources à la fois animales et végétales.(14)

Pour les sportifs, les besoins en protéines augmentent significativement en raison de l'intensité de l'activité physique. Lors de l'entraînement ou des compétitions, les tissus musculaires sont très fortement sollicités et les fibres musculaires subissent des micro-lésions, entraînant une dégradation des protéines musculaires, un phénomène appelé protéolyse. La réparation et la croissance musculaire après l'effort sont possibles grâce à la protéosynthèse, processus qui permet la synthèse de nouvelles protéines musculaires à partir des acides aminés présents dans l'alimentation. Ce processus se déroule principalement durant la phase de récupération après l'effort.

Les besoins en protéines des sportifs varient en fonction de plusieurs facteurs tels que l'intensité de l'exercice, la durée de l'entraînement, le type de sport pratiqué, le poids corporel et les objectifs personnels (comme la prise de masse musculaire ou l'amélioration de l'endurance) ...(15)

Types d'exercices	Besoin en protéines
Sport de type « loisir », de faible intensité (yoga, marche, pilate...)	0,83 g/kg/j
Sport d'endurance (cyclisme, course à pied, natation...)	1,1 à 1,6 g/kg/j
Sport de force : entretien de la masse musculaire	1,4 à 1,6 g/kg/j
Sport de force : développement de la masse musculaire	1,8 à 2,5 g/kg/j

Tableau 2 : Recommandations des besoins en protéines chez le sportif (4,16)

Il est important de noter que, dans le cadre des sports de force, la période consacrée au développement de la masse musculaire ne doit pas excéder six mois par an, afin de permettre une récupération optimale des muscles et d'éviter les blessures ou le surentraînement.

Pour les sportifs, environ deux tiers des besoins protéiques devraient être couverts par une alimentation équilibrée, comprenant des sources animales comme la viande blanche maigre, le poisson, les œufs et des alternatives végétales de qualité. Le tiers restant peut être complété par des suppléments de protéines, disponibles sous forme de poudres ou de barres protéinées. Cependant, il est important de privilégier la qualité des produits utilisés, en veillant à ce qu'ils apportent un profil complet en acides aminés essentiels.

Un point clé pour les sportifs est le timing de la consommation de protéines. Il est recommandé de consommer des protéines dans les 30 à 60 minutes suivant une séance d'entraînement, afin de maximiser la récupération musculaire. Associées à des glucides, les protéines favorisent la réparation des fibres musculaires tout en aidant à reconstituer les stocks de glycogène, qui sont les réserves énergétiques des muscles. (17)

En cas de carence en protéines, la récupération est plus lente et les risques de blessures augmentent, notamment en raison de la fragilité accrue des muscles.

Les protéines corporelles (telles que les enzymes, les anticorps, les hormones et les protéines structurelles) sont en perpétuel renouvellement. Cela signifie qu'un apport régulier en acides aminés est nécessaire pour maintenir l'équilibre de ces processus vitaux.

Cependant, un excès de protéines dans l'alimentation ne conduit pas à une augmentation illimitée de la masse musculaire. Au-delà d'un certain seuil, fixé à environ 2,5 g/kg/j pour les sportifs, la croissance musculaire est limitée par des facteurs génétiques, et un apport excessif en protéines peut entraîner des risques pour la santé.

En effet, un apport supérieur à 3 g/kg/j est considéré comme potentiellement dangereux pour l'organisme, en particulier pour les reins. En effet, la dégradation des protéines dans le corps se fait par le foie et les reins qui génèrent de l'urée, qui doit être éliminée par l'urine.(14)

Un excès d'urée peut entraîner une surcharge rénale et augmenter le risque de troubles rénaux ou de déshydratation. Il est donc essentiel de respecter les recommandations et d'éviter les excès pour préserver la santé sur le long terme.

Chez le sportif, un bon équilibre entre les glucides, les protéines et les lipides est essentiel pour répondre aux besoins énergétiques et nutritionnels.

Les macronutriments sont la clé de la performance et de la récupération. Les glucides fournissent l'énergie nécessaire pour l'effort, les protéines permettent de réparer et renforcer les muscles, et les lipides soutiennent l'énergie à long terme et les fonctions corporelles essentielles. Un apport équilibré en macronutriments, adapté à l'intensité de l'effort et aux objectifs personnels, est indispensable pour améliorer les performances et maintenir une santé optimale.

B. L'hydratation

L'eau n'est pas un macronutriment, mais elle est essentielle à l'équilibre des macronutriments chez le sportif. Une bonne hydratation permet une meilleure absorption des nutriments, soutient la digestion, et maintient les fonctions métaboliques pendant l'exercice. Il est crucial de boire avant, pendant et après l'effort pour prévenir la déshydratation.

C. Les micronutriments

Les micronutriments, qui comprennent les vitamines (hydrosolubles, lipophiles), les minéraux et les oligoéléments (calcium, magnésium, sodium, potassium, phosphore, zinc, sélénium, fer...), sont essentiels au bon fonctionnement de l'organisme, notamment pour les sportifs. Bien qu'ils ne fournissent pas directement d'énergie comme les macronutriments, ils jouent un rôle crucial dans de nombreux processus biologiques, tels que la production d'énergie, la contraction musculaire, la récupération et le soutien du système immunitaire. Un apport adéquat en micronutriments permet donc d'optimiser la performance sportive, d'accélérer la récupération et de prévenir les blessures.(2)

Chez les sportifs, les besoins en micronutriments peuvent être augmentés en raison de la transpiration, de l'effort intense, et du stress oxydatif accru. Cependant, il est important d'adopter une alimentation variée et équilibrée pour couvrir ces besoins, car les carences peuvent nuire aux performances et à la récupération.(18)

Les sportifs doivent être particulièrement attentifs à leurs apports en vitamines et minéraux, en veillant à ne pas négliger les besoins spécifiques liés à leur activité physique. Les suppléments peuvent être envisagés en cas de carence avérée, mais une alimentation équilibrée reste la meilleure stratégie pour s'assurer d'un apport optimal en micronutriments.

Les micronutriments sont indispensables à la performance et à la récupération des sportifs. Vitamines et minéraux interviennent dans des processus biologiques critiques, allant de la production d'énergie à la réparation musculaire et au maintien de l'équilibre hydrique.(19) Une alimentation variée et adaptée aux besoins spécifiques de chaque athlète est la clé pour garantir un apport suffisant en micronutriments.

D. Les filières énergétiques

Le métabolisme énergétique représente l'ensemble des processus biochimiques par lesquels l'organisme génère, utilise et stocke de l'énergie pour assurer ses fonctions vitales. Chez les sportifs, ces mécanismes revêtent une importance particulière, car ils sont nécessaires pour soutenir les efforts physiques intenses, maintenir un niveau de performance élevé et faciliter la récupération musculaire après l'entraînement ou la compétition. Sans un métabolisme énergétique efficace, le corps serait incapable de fournir l'énergie nécessaire à l'activité physique et à la régénération des tissus.

L'énergie dont l'organisme a besoin provient principalement des macronutriments que nous consommons, à savoir les glucides, les lipides, et dans une moindre mesure, les protéines. Ces macronutriments sont métabolisés et transformés en une forme d'énergie directement utilisable par les cellules : l'ATP, ou adénosine triphosphate.

L'ATP est le principal vecteur d'énergie dans le corps humain. Il s'agit d'un nucléotide composé d'une molécule d'adénosine, formée par l'association d'un sucre (le ribose) et d'une base azotée (l'adénine), liée à trois groupes de phosphates inorganiques Pi.

La particularité de l'ATP réside dans la nature des liaisons qui unissent ses groupes phosphates. En effet, la liaison entre les deux derniers phosphates est extrêmement riche en énergie. Lorsque cette liaison est rompue au cours d'une réaction appelée hydrolyse, catalysée par l'enzyme ATPase, une importante quantité d'énergie est libérée. Cette énergie, soit environ 7,3 kcal par molécule d'ATP hydrolysée, est alors utilisable par l'organisme pour soutenir diverses fonctions, telles que la contraction musculaire, le transport actif de molécules à travers les membranes cellulaires, ou encore la synthèse de macromolécules indispensables au corps.

L'équation chimique qui résume ce processus d'hydrolyse de l'ATP est la suivante :



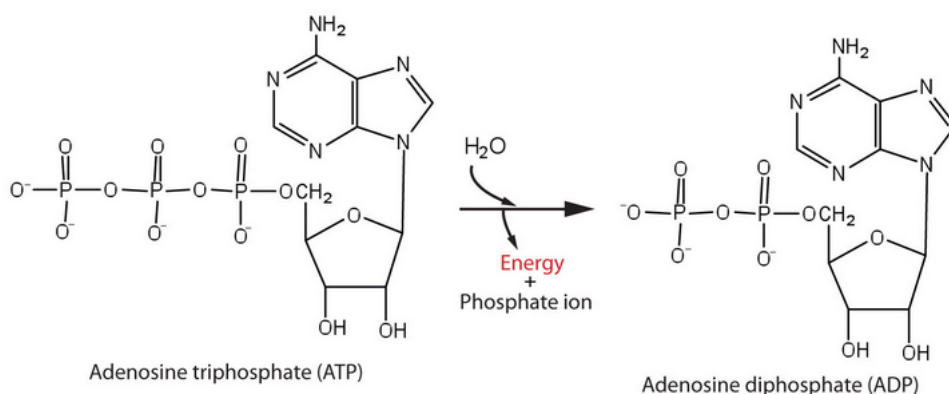


Figure 6 : Hydrolyse de l'ATP en ADP

L'ATP joue un rôle central dans la contraction musculaire, mais les réserves intramusculaires d'ATP sont extrêmement limitées, ne permettant de soutenir un effort que pendant environ 2 à 3 secondes.

C'est pourquoi l'organisme doit constamment resynthétiser de l'ATP à partir de diverses sources d'énergie, selon l'intensité et la durée de l'effort.

Trois systèmes énergétiques principaux participent à cette resynthèse de l'ATP : la voie anaérobie alactique, la voie anaérobie lactique et la voie aérobie. Chaque système est mobilisé en fonction de l'effort et de la disponibilité des substrats énergétiques.(20)

1. *La voie anaérobie alactique*

La voie anaérobie alactique, aussi appelée voie des phosphagènes ou de la phosphocréatine, est le système énergétique le plus rapide, mais également le plus court en durée.

Comme son nom l'indique, cette voie ne nécessite pas d'oxygène (anaérobie) et ne produit pas de lactate (alactique). Elle permet de produire de l'énergie pour des efforts explosifs et de très courte durée, allant de 3 à 15 secondes environ, comme un sprint ou une levée de poids.

Dans ce processus, l'organisme utilise des réserves limitées d'ADP (adénosine diphosphate) et de PCr (phosphocréatine) stockées dans les muscles. Grâce à des enzymes spécifiques, comme les kinases, un phosphate inorganique est transféré de la PCr à l'ADP pour générer de l'ATP selon la réaction suivante : (4)



Dans certains cas, deux molécules d'ADP peuvent être converties en une molécule d'AMP (adénosine monophosphate) et une molécule d'ATP grâce à l'action d'une enzyme, la myokinase :



Ce système est essentiel pour les activités physiques nécessitant une grande puissance et une rapidité d'exécution, telles que les sprints, les sauts, l'haltérophilie ou les tirs de ballons...

2. La voie anaérobie lactique

La voie anaérobie lactique, également appelée voie de la glycolyse anaérobie, cette voie utilise la dégradation des glucides pour produire de l'énergie, toujours sous forme d'ATP en l'absence d'oxygène. Elle utilise comme substrat énergétique le glucose issu du sang ou du glycogène musculaire via la glycolyse anaérobie au niveau des fibres musculaires rapides.(21)

Ce système prend le relais lorsque l'effort dure plus de 10 secondes et que l'intensité de l'activité reste élevée. La principale particularité de cette voie est la production d'acide lactique comme sous-produit.

L'énergie est ici générée par la dégradation du glucose, via la glycolyse, dans les fibres musculaires rapides. Cependant, la production d'acide lactique peut entraîner une accumulation d'ions hydrogène (H⁺), ce qui acidifie le milieu musculaire et entraîne une fatigue musculaire. Cette accumulation d'acide lactique abaisse le pH sanguin, ce qui perturbe le fonctionnement optimal des enzymes responsables de la production d'ATP. (22)

Pour limiter cette acidification, l'organisme augmente la fréquence respiratoire (hyperventilation) afin d'éliminer le CO₂ et rétablir un pH adéquat.

La voie anaérobie lactique est principalement sollicitée dans des sports nécessitant un effort soutenu et de moyenne durée, comme la course à pied, la natation, le ski alpin, l'aviron ou le cyclisme sur piste.

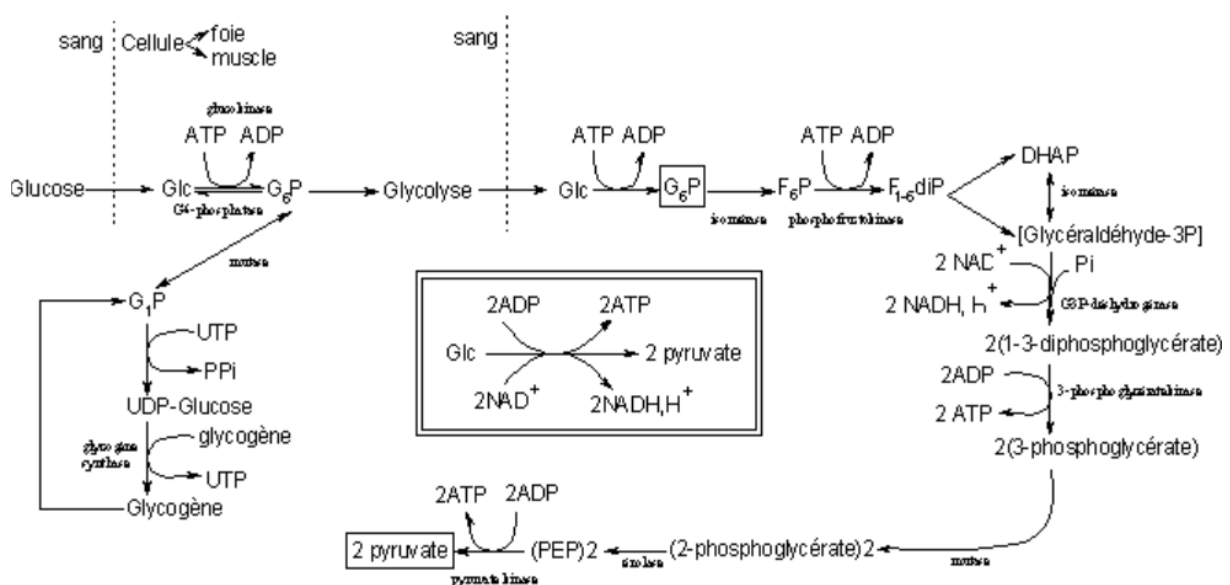


Figure 7 : La glycolyse anaérobie

3. La voie aérobie

La voie aérobie, aussi appelée phosphorylation oxydative ou respiration cellulaire, est le système énergétique utilisé pour des efforts de faible ou moyenne intensité, mais de longue durée. Contrairement aux deux autres systèmes, cette voie nécessite de l'oxygène pour fonctionner, mais elle est beaucoup plus efficace et produit de grandes quantités d'ATP à partir de glucides, lipides et, dans certaines conditions, de protéines.(23,24)

Au cours de ce processus, les glucides, les acides gras (triglycérides) et parfois les acides aminés sont transformés en Acétyl-CoA, une molécule clé dans le cycle de Krebs.

Ce cycle, en combinaison avec la chaîne de transport d'électrons dans les mitochondries, génère une production importante d'ATP. Cependant, la limite de ce système réside dans la quantité d'oxygène disponible et dans les réserves de glycogène.

En raison de la complexité des mécanismes impliqués, ce processus prend du temps à se mettre en place (délai d'activation de 2 à 4 minutes), ce qui explique la nécessité du recours aux filières anaérobies en début d'effort. De plus, le rendement énergétique de cette filière est faible, ce qui limite sa capacité à soutenir des efforts d'intensité très élevée. En revanche, elle permet de fournir de l'énergie sur une très longue durée.

De ce fait, cette voie aérobie est la plus appropriée pour les sports d'endurance comme le marathon, le triathlon, le cyclisme ou les trails.

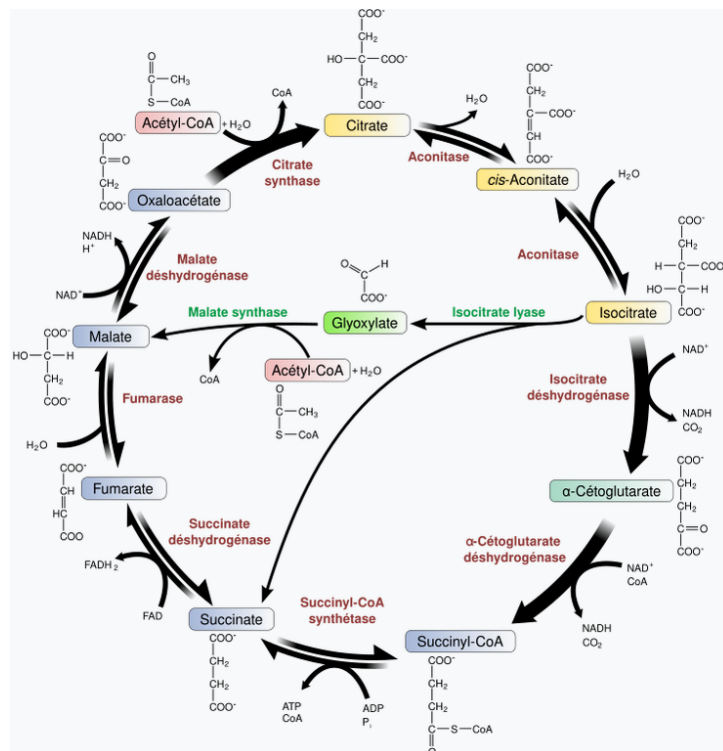


Figure 8 : Le cycle de Krebs

Les trois systèmes énergétiques ne fonctionnent pas indépendamment les uns des autres, mais en synergie. Selon la durée et l'intensité de l'effort, l'organisme privilégiera l'un ou l'autre de ces systèmes pour produire l'ATP nécessaire.(25) Dans les activités physiques courtes et intenses, la voie anaérobie alactique est prédominante, tandis que pour les efforts intenses et de durée moyenne la voie anaérobie lactique est présente tandis que dans les efforts plus longs et modérés, c'est la voie aérobie qui prend le relais.

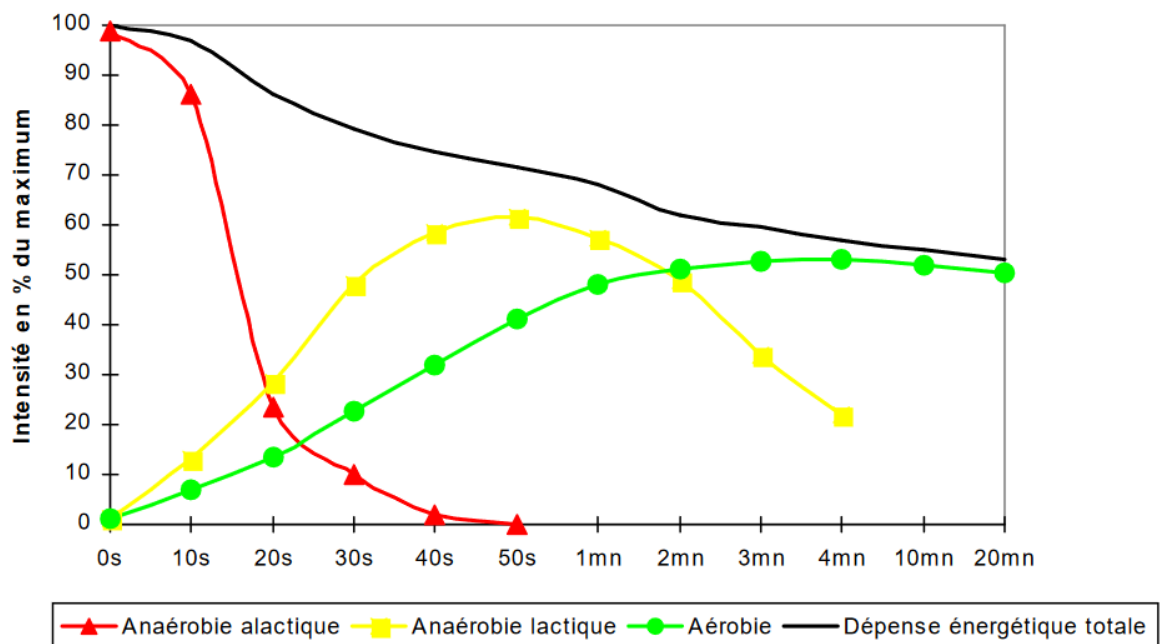


Figure 9 : Courbes de contribution des 3 systèmes énergétiques en fonction du temps d'effort et de l'intensité

Une bonne compréhension du métabolisme énergétique permet de mieux adapter l'entraînement, l'alimentation et la récupération en fonction des besoins spécifiques de chaque discipline sportive.

II. LES SUPPLÉMENTS NUTRITIONNELS POUR LE SPORTIF, FOCUS SUR LA SUPPLÉMENTATION EN PROTEINES CHEZ CELUI-CI

A. Les suppléments nutritionnels chez le sportif

La supplémentation désigne la consommation de denrées alimentaires en complément d'un régime alimentaire, souvent en quantités supérieures aux recommandations nationales ou européennes.

Ces produits sont très diversifiés pour attirer un large public et sont souvent influencés par des tendances populaires. (26)

De nos jours, de nombreux produits destinés à améliorer les performances des sportifs sont disponibles, mais leurs effets réels ne sont pas toujours scientifiquement démontrés, ce qui soulève des questions éthiques quant à leur utilisation, pouvant parfois être assimilé à une conduite dopante.(27)

Également appelés « suppléments de l'effort », ces compléments peuvent être pris avant, pendant ou après un effort sportif. Ces suppléments sont principalement consommés dans les sports d'endurance ou les sports de hautes intensités et il existe différents types de suppléments de l'effort.

B. Les suppléments glucidiques

Les suppléments de l'effort, principalement formulés à base de sucres rapides, ont pour objectif de soutenir les besoins énergétiques immédiats des sportifs lors de leurs activités physiques. Ils permettent de maintenir un apport constant en énergie, indispensable pour éviter une baisse de performance due à l'épuisement des réserves de glycogène, qui constitue la principale source d'énergie pour les muscles pendant l'exercice.(4)

1. *Boissons énergétiques*

Ces boissons, souvent disponibles sous forme de poudre à reconstituer ou sous forme liquide prêtes à boire, sont une option très prisée pour maintenir l'hydratation tout en fournissant une source d'énergie rapide. Elles sont composées de 5 à 8 % de glucides rapides tels que le glucose, le fructose et la maltodextrine. Ces glucides sont rapidement assimilés par l'organisme, fournissant ainsi une énergie facilement mobilisable au cours de l'effort.

En plus des glucides, ces boissons peuvent également contenir des électrolytes, tels que le sodium, le potassium, le magnésium, qui aident à maintenir l'équilibre des fluides corporels et à compenser les pertes dues à la transpiration. Cela permet de prévenir la déshydratation, facteur clé dans la performance athlétique. La prise régulière de petites quantités de ces boissons pendant l'effort est essentielle, en particulier lors des activités de longue durée.

On retrouve des boissons dites « hypotonique » ou « isotonique » : elles ont une concentration en sucres et en électrolytes inférieure ou égale à la concentration du sang respectivement.

Il existe également des boissons « hypertoniques » qui sont très riche en sucres et qui sont plus concentrée que le sang, ces boissons sont assimilées plus lentement que les précédentes mais peuvent entraîner des troubles digestifs, crampes voire même une déshydratation.(8)



Figure 10 : Exemples de boissons énergétiques destinés aux sportifs

2. Gels énergétiques

Les gels énergétiques, disponibles sous forme liquide ou semi-liquide, sont conçus pour offrir un apport énergétique concentré en glucides rapides, souvent sous forme de glucose, fructose ou maltodextrine. Ces gels sont idéaux pour les athlètes cherchant une source d'énergie facile à transporter et à consommer pendant l'effort. Ils sont conditionnés en petites doses, ce qui les rend pratiques pour les courses d'endurance.

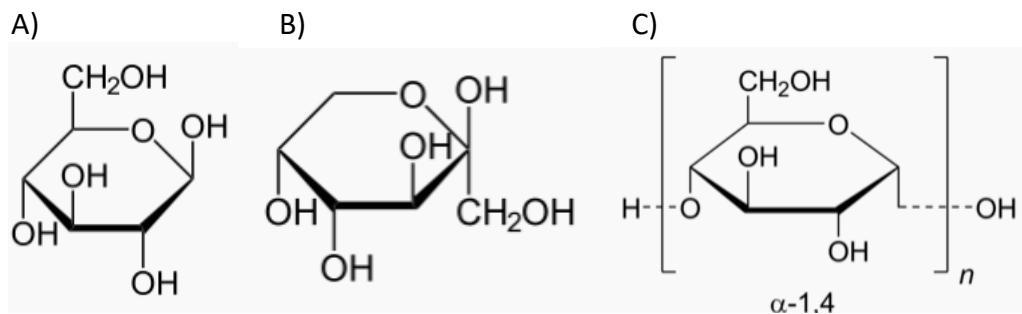
Certains gels contiennent également des électrolytes pour aider à maintenir l'équilibre hydrique, ou même de la caféine pour améliorer la concentration et la vigilance. Cependant, en raison de leur forte concentration en sucre, il est important de les consommer avec de l'eau afin de faciliter leur digestion et éviter tout inconfort gastro-intestinal, comme des ballonnements ou des douleurs abdominales. Une consommation excessive de gels sans hydratation adéquate peut entraîner des troubles digestifs, notamment lors d'efforts prolongés.(7)

3. Barres énergétiques

Les barres énergétiques constituent une autre forme pratique de supplément glucidique. Elles se distinguent par leur texture solide, et offrent une grande quantité de glucides rapides concentrés. Elles peuvent également contenir d'autres macronutriments tels que des protéines, des graisses, ainsi que des électrolytes. Ces barres sont souvent utilisées lors d'activités de longue durée où une source d'énergie soutenue est nécessaire.(8)

Comme pour les gels énergétiques, il est conseillé de les accompagner d'eau en raison de leur haute teneur en sucres. Cela facilite non seulement leur absorption, mais aide aussi à prévenir

la déshydratation qui pourrait résulter de l'ingestion d'aliments très concentrés en glucides. Bien que pratiques à transporter, leur consommation excessive ou répétée, surtout dans des conditions de forte chaleur ou d'effort prolongé, peut également provoquer des troubles digestifs.



Figures 11 : Structures chimiques des glucides alimentaires

En A) le glucose, en B) le fructose et en C) de la maltodextrine

Les suppléments glucidiques, qu'il s'agisse de boissons, gels ou barres énergétiques, ont tous pour mission principale de prévenir l'épuisement des réserves de glycogène dans le foie et les muscles. Le glycogène est la principale source d'énergie pour les activités physiques d'intensité modérée à élevée.

En fournissant un apport régulier de glucides rapides, ces suppléments permettent de maintenir des niveaux stables de glucose dans le sang, essentiel pour soutenir les muscles et le cerveau pendant l'exercice. Cela est particulièrement important dans les sports d'endurance (cyclisme, marathon, trail...) où les besoins énergétiques sont élevés sur des périodes prolongées.

Bien que ces suppléments soient extrêmement utiles pour soutenir la performance, leur utilisation doit être raisonnée. Une consommation excessive de glucides rapides peut provoquer des troubles digestifs tels que des crampes d'estomac, des nausées ou des diarrhées, notamment si l'athlète n'a pas l'habitude de les utiliser.(26) Il est donc recommandé de tester ces produits en entraînement avant de les introduire dans un contexte de compétition, afin de s'assurer de leur bonne tolérance.

Les marques MAURTEN®, STC NUTRITION®, ERGYSPORT®, APURNA® sont des exemples de marques proposant des gels et des barres énergétiques.



Figure 12 : Exemples de gels et barres énergétiques

C. Les sels minéraux et électrolytes

Lors d'un effort prolongé, le corps perd une quantité significative d'eau et d'électrolytes à travers la transpiration. Ces pertes doivent être compensées, et les suppléments en électrolytes jouent un rôle crucial à cet égard.

Les électrolytes sont des minéraux chargés électriquement, essentiels à la régulation de nombreuses fonctions physiologiques telles que l'équilibre des fluides, les contractions musculaires et la transmission des signaux nerveux.(19)

Parmi ces électrolytes, le sodium est le plus abondamment éliminé par la sueur. Il est indispensable pour maintenir l'équilibre hydrique en aidant le corps à retenir l'eau. Le potassium, le calcium et le magnésium, quant à eux, sont impliqués dans la contraction musculaire et aident à prévenir les crampes, tout en jouant un rôle clé dans la transmission des signaux nerveux.

Le bicarbonate de sodium, en revanche, aide à tamponner l'acidité produite lors d'un effort intense. En neutralisant l'acide lactique accumulé dans les muscles, il contribue à retarder l'apparition de la fatigue. Il a été démontré qu'une dose de 0,5 g/kg de bicarbonate dissous dans un litre d'eau, consommée environ deux heures avant l'exercice, est bénéfique pour tamponner cette acidité. Toutefois, une dose excessive peut provoquer des effets secondaires indésirables, tels que des diarrhées sévères, pouvant dans les cas extrêmes entraîner des complications graves comme un arrêt respiratoire.(19)

Ces compléments peuvent être consommés à différents moments : avant l'effort, en petites quantités, pour préparer le corps et maintenir une bonne hydratation ; pendant l'effort, pour

compenser les pertes d'électrolytes ; et après l'effort, afin de rétablir l'équilibre en sels minéraux et fluides, en particulier dans les sports d'endurance ou en cas de forte chaleur.

1. Boissons électrolytes

Ces boissons sont formulées pour réhydrater rapidement et remplacer les électrolytes perdus pendant l'effort. Elles contiennent souvent du sodium, du potassium, du magnésium, du calcium, et des glucides pour reconstituer les réserves d'énergie.

Elles peuvent être utilisées pendant et après l'entraînement pour maintenir l'hydratation et éviter les déséquilibres électrolytiques. Les sportifs les consomment généralement durant des efforts prolongés, notamment dans des conditions de chaleur extrême.(4)

Par exemple, les marques MAURTEN®, ERIC FAVRE®, ERGYSPORT® commercialisent ces boissons.



Figure 13 : Exemples de boissons électrolytes sous forme de poudre

2. Comprimés ou poudres d'électrolytes

Faciles à transporter et à mélanger avec de l'eau, ces produits fournissent une dose concentrée d'électrolytes avec moins ou pas de glucides contenus dans certaines boissons. Les comprimés effervescents sont une option pratique pour les longues sessions d'entraînement ou de compétitions.



Figure 14 : Exemples de comprimés d'électrolytes à diluer

3. Compléments alimentaires riches en minéraux (magnésium, calcium, potassium...)

Certains compléments spécifiques, sous forme de capsules ou de comprimés, permettent d'assurer un apport optimal en minéraux. Ces compléments sont utilisés en complément d'une alimentation équilibrée pour éviter les carences et favoriser la récupération musculaire. Le magnésium, souvent sous-consommé, est particulièrement important pour les sportifs souffrant de crampes fréquentes, car il joue un rôle clé dans la relaxation musculaire après la contraction.

Risques liés à l'utilisation de ces électrolytes :

Un déséquilibre en électrolytes, qu'il s'agisse d'une carence ou d'un excès, peut avoir des conséquences graves sur la santé.

Par exemple, une carence en sodium (hyponatrémie) peut entraîner des symptômes tels que des maux de tête, des nausées, des vomissements et, dans les cas graves, des convulsions ou un coma. À l'inverse, un excès de sodium (hypernatrémie) peut provoquer une déshydratation et augmenter la pression artérielle.(19)

Il est donc important d'adapter l'apport en électrolytes en fonction des besoins individuels du sportif qui varient selon le type d'activité physique, la durée de l'effort, les conditions climatiques et le taux de transpiration.

4. Les antioxydants :

De nombreuses substances antioxydantes sont accessibles aux sportifs, telles que les vitamines C et E, les caroténoïdes, le sélénium, les flavonoïdes ou encore la coenzyme Q10. Lors d'un exercice intense ou prolongé, la consommation d'oxygène dans les muscles augmente, générant une production accrue de radicaux libres, des molécules instables. En excès, ces radicaux libres provoquent un stress oxydatif endommageant les cellules et les tissus, et favorisant l'inflammation. Les antioxydants jouent donc un rôle essentiel pour les sportifs, car ils aident à neutraliser ces radicaux libres produits en grande quantité durant l'effort physique.(28)

Dans le cadre d'une alimentation équilibrée et variée, riche en fruits, légumes, céréales et noix, l'apport en antioxydants est généralement suffisant. Toutefois, certains sportifs choisissent de se supplémenter en antioxydants pour limiter les effets du stress oxydatif, qui altère les cellules musculaires et perturbe la récupération. En réduisant les dommages cellulaires et l'inflammation, les antioxydants peuvent contribuer à la prévention des blessures et à améliorer la récupération après l'effort.

Risques liés à la supplémentation en antioxydants :

Seuls les athlètes pratiquant des sports intensifs peuvent bénéficier, sous supervision médicale, d'un apport supplémentaire en antioxydants. En effet, une étude publiée dans le Proceedings of the National Academy of Sciences a révélé que des apports excessifs en antioxydants pourraient favoriser le développement de certains cancers, notamment ceux du foie, du côlon et des poumons. Les radicaux libres, bien qu'ils soient néfastes pour les cellules musculaires, peuvent également avoir un effet destructeur sur les cellules cancéreuses. Par conséquent, en prenant des antioxydants en excès, ces radicaux libres sont neutralisés, réduisant ainsi le stress oxydatif et potentiellement favorisant la croissance des cellules cancéreuses. (29)

D. Les produits stimulants :

Les produits stimulants utilisés par les sportifs sont des substances visant à accroître temporairement l'énergie, la vigilance ainsi que la performance physique ou mentale durant l'effort. Ils agissent principalement en stimulant le système nerveux central, ce qui favorise une meilleure concentration, réduit la fatigue, et améliore parfois la capacité à maintenir un effort intense. (30)

La majorité de ces produits proviennent de sources végétales.

1. *La caféine :*

La caféine, présente dans le café, le thé, certaines boissons énergisantes ou sous forme de compléments alimentaires en gélules, retarde l'apparition de la fatigue, améliore la vigilance, accélère le rythme cardiaque, et peut ainsi optimiser les performances physiques et mentales. « Jusqu'en avril 2004, elle était considérée comme une substance dopante lorsque ses concentrations dépassaient 12 µg/mL dans les urines. » (30)

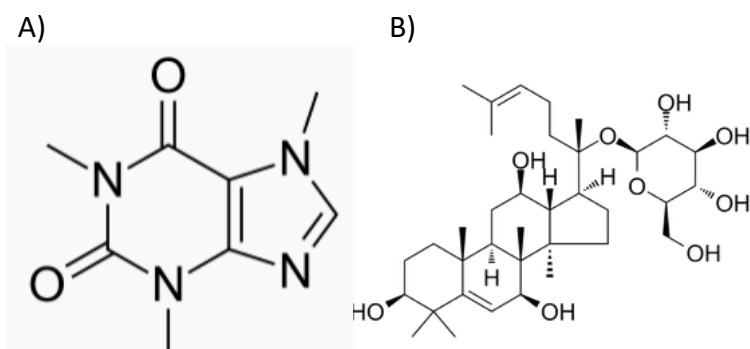
Bien qu'elle ne soit plus classée comme telle, son utilisation reste surveillée...

2. *Le guarana :*

Le guarana est une plante riche en caféine, largement utilisée dans de nombreux compléments alimentaires. Elle partage les mêmes effets stimulants que la caféine, mais sa libération dans l'organisme est plus progressive, offrant ainsi une stimulation prolongée.

3. Le ginseng :

Le ginseng est une plante adaptogène utilisée depuis des millénaires au Moyen-Orient pour ses propriétés stimulantes. Riche en panaxosides, des molécules proches de la caféine, elle aide à améliorer l'endurance et la résistance au stress physique et mental.(31)



Figures 15 : Structures chimiques de composés proches du Ginseng

En A) la caféine et en B) un ginsenoside(32)

L'utilisation de stimulants chez les sportifs doit être effectuée avec précaution, car des doses excessives ou un usage prolongé peuvent entraîner des effets secondaires tels que des palpitations, une augmentation du rythme cardiaque et de la pression artérielle, des troubles du sommeil, des problèmes digestifs, ainsi qu'une dépendance.(30)

Les produits stimulants peuvent offrir des bénéfices significatifs aux sportifs, notamment en termes d'augmentation de la vigilance, de réduction de la fatigue et d'amélioration des performances. Cependant, il est crucial de respecter les doses recommandées et d'éviter un usage excessif ou prolongé afin de prévenir des effets négatifs sur la santé et la récupération.

E. Les suppléments protéinés

Les produits à base de protéines et d'acides aminés, disponibles sous forme de poudre, de boissons prêtes à consommer ou de barres protéinées, attirent souvent l'attention des sportifs. Comme les muscles sont majoritairement constitués de protéines, en consommer davantage peut sembler faciliter le développement musculaire.

Bien que l'alimentation fournisse généralement une quantité suffisante de protéines, certains athlètes choisissent de s'en supplémenter.

Cependant, la prise de protéines n'est pas sans risque : un apport excessif sur le long terme peut entraîner des problèmes rénaux et une déshydratation. C'est pourquoi les consommateurs doivent veiller à s'hydrater abondamment.(17)

Voyons maintenant les différents types de suppléments protéiques et d'acides aminés couramment utilisés dans le domaine sportif.

- Focus sur les suppléments nutritionnels protéinés :

Les protéines en poudre, gélule, stick de poudre, comprimé, etc sont devenues un complément essentiel pour les sportifs, qu'ils soient amateurs ou professionnels, en aidant à optimiser la performance, la récupération et la croissance musculaire. Elles ne doivent pas remplacer un repas, mais plutôt le compléter, pouvant représenter jusqu'à un tiers des besoins en protéines, le reste provenant de l'alimentation.

Ces suppléments se consomment généralement mélangés à de l'eau ou du lait, souvent dans des shakers. Il existe différents types de protéines en poudre, et il est crucial de choisir le type approprié au sportif en fonction de ses besoins et de ses objectifs spécifiques, tout en veillant à la qualité du produit.(33)

La liste des protéines utilisées par les sportifs n'est pas exhaustive, mais je vais détailler les principales protéines consommées par les sportifs et les protéines les plus courantes retrouvées dans mon questionnaire à l'attention des sportifs.

1. *Les différents types de protéines :*

Pour rappel, le lait est composé à 80% de caséine et 20% de lactosérum.

a) *La Whey protéine*

Aussi connue sous le nom de lactosérum ou petit lait, la whey est de loin la protéine la plus consommée et la plus populaire. Le lactosérum est particulièrement assimilable et digéré rapidement par l'organisme.(34)

On distingue deux sources possibles de whey. La whey fromagère : peu coûteuse, elle provient de la fabrication du fromage. Cependant, les acides aminés qu'elle contient ont subi une double dégradation par les bactéries ; et la whey laitière qui est issue directement du lait sans dégradation des acides aminés, elle est donc plus chère.(33)

Trois processus de filtration du lactosérum permettent d'en extraire les protéines :

- Le concentré de whey : la forme la plus simple, la moins coûteuse et la plus « bas de gamme ». Il contient environ 80% de protéines mais également une forte concentration en graisses, glucides et lactose ; pouvant causer certains problèmes digestifs (flatulences, diarrhées, douleurs abdominales...).

- L'isolat de whey : une forme plus filtrée, composée environ à 90% de protéines une quasi-absence de lipides et de lactose. Idéale chez les intolérants au lactose, mais le prix est plus élevé.
- L'hydrolysat de whey : la forme la plus onéreuse car prédigérée par des enzymes, elle contient environ 95% de protéines et ne contient plus de lipides ni de glucides. Cependant, son goût désagréable et ses difficultés de digestion au-delà d'une certaine dose limitent son appréciation. Les industriels tentent donc de masquer ce goût par des arômes artificiels.(35)

Parmi toutes les protéines utilisées par les sportifs, la whey est la plus riche en cystéine qui est un précurseur du glutathion et donc joue un rôle d'antioxydant, ainsi qu'en BCAA, notamment en leucine. Le principal effet de la whey semble être le gain de muscle par augmentation des cellules souches musculaires, responsables de l'hypertrophie musculaire. La prise de force n'est pas la plus marquée avec la whey.

L'importance de la récupération lors de l'entraînement physique est cruciale pour améliorer les capacités physiques et atténuer les effets négatifs de la fatigue. Des stratégies de récupération, y compris des thérapies manuelles, physiques et nutritionnelles, ont été développées pour accélérer ce processus.

L'étude de Sebastien Garcia-Vicencio 2018, en double aveugle, randomisée visait à évaluer si la supplémentation en isolat de whey/ lactosérum native (NW) pouvait favoriser la récupération et les adaptations à l'entraînement, après un programme d'entraînement par électrostimulation (ES) combiné à un entraînement en pliométrie, par rapport au concentré de whey/lactosérum standard (SW) ou à un placebo (PLA).

Les participants, 42 hommes modérément actifs, ont été supplémentés de 15g de protéines NW ou SW ou en glucose (placébo) 5 jours par semaine pendant 12 semaines, tout en suivant un programme d'entraînement ES et pliométrie.

Les résultats suggèrent que l'isolat de whey semble avoir un meilleur effet sur la récupération de la puissance, qui a commencé plus tôt dans le groupe NW (30 minutes après l'exercice) comparé aux groupes SW (24 heures) et PLA (48 heures).

De plus, la force isométrique maximale volontaire a augmenté dans les groupes NW et SW mais est restée inchangée dans le groupe PLA. Le groupe NW a montré des gains supplémentaires entre la 6e et la 12e semaine.(36)

La supplémentation en isolat de whey pourrait favoriser une récupération plus rapide et de meilleures adaptations neuromusculaires après un entraînement ES par rapport au concentré de whey. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour vérifier si ces effets bénéfiques persistent à long terme et si la différence de prix entre les wheys se traduit par une amélioration significative des performances chez les sportifs.(37)

b) La caséine

La caséine est une protéine présente dans le lait, représentant environ 80% des protéines du lait de vache.

Elle est couramment utilisée dans l'industrie alimentaire pour ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles de coagulation ce qui va ralentir le processus de digestion, et elle est riche en acide glutamique et en tyrosine.(33)

Comme la whey, il existe 3 types de caséine :

- Le caséinate de calcium : la forme la plus simple et la moins coûteuse, souvent considérée comme la moins qualitative. En raison de son processus d'extraction, les acides aminés qu'elle contient sont moins bien assimilés par l'organisme.
- La caséine micellaire : la forme la plus courante sur le marché, présente sous forme de micelles similaires à la caséine native, facilitant son assimilation par l'organisme. Ces micelles stabilisées par des ions calcium et du phosphate forment une sorte de réseau qui retient les molécules d'eau et les minéraux. Ces micelles sont stables et permettent une libération lente d'acides aminés dans le corps, ce qui en fait une protéine à digestion lente. Elle contient souvent une petite quantité de whey, reflétant la composition du lait dont elle est issue.
- L'hydrolysate de caséine : la forme la plus coûteuse car pré-digérée par des enzymes. Ce processus décompose la caséine en peptides plus petits (courtes chaînes d'acides aminés), ce qui la rend plus facilement et rapidement absorbée par l'organisme. Son usage intensif peut causer des troubles digestifs et son goût est généralement moins apprécié.(35)

Contrairement à la whey, la caséine est digérée lentement, offrant un apport continu en acides aminés, ce qui aide à prévenir le catabolisme musculaire en fournissant un flux constant d'acides aminés aux muscles pendant plusieurs heures. Tandis que la whey agit rapidement pour stimuler l'anabolisme musculaire, la caséine est souvent consommée le soir pour combler les périodes nocturnes sans apport alimentaire.

c) Les mélanges whey/caséine

Composée majoritairement d'environ 40 % de whey, 45 % de caséine et 15 % d'acides aminés, cette association vise à combiner les effets anabolisants des protéines rapides comme la whey et les effets anti-cataboliques et prolongés de la caséine.(35)

L'ingestion de lactosérum ou de caséine immédiatement après un exercice de résistance entraîne une synthèse des protéines musculaires globale similaire, malgré des différences temporelles.

En effet, le lactosérum provoque une augmentation rapide mais transitoire de la synthèse protéique, tandis que la caséine induit une réponse modérée mais prolongée. Ces résultats suggèrent que la combinaison de lactosérum et de caséine pourrait être optimale pour maximiser les adaptations musculaires post-exercice.(38)

d) *Les protéines d'œufs*

Disponibles sous forme de poudre ou de liquide, ces protéines sont riches en acides aminés soufrés et en phénylalanine. Elles sont idéales pour les sportifs ayant des difficultés à digérer les protéines de lait.(35)

Cependant, bien que partiellement dessalées, elles restent très riches en sodium, ce qui leur donne un goût souvent peu apprécié. Elles sont donc souvent choisies par défaut.

NUTRIMUSCLE® est une marque qui propose par exemple des protéines d'œufs sous forme de poudre.

e) *Les protéines végétales*

Les protéines végétales en poudre sont devenues une option populaire pour les personnes cherchant des alternatives aux protéines animales, telles que les végétariens, les végétaliens, ceux intolérants aux protéines de lait ou allergiques aux protéines animales.

Les sources de protéines végétales sont variées, incluant le pois, le soja, le riz, le chanvre...

Cependant, leur teneur en acides aminés essentiels est généralement inférieure à celle des protéines animales, ce qui réduit leur potentiel anabolique

Les protéines de soja sont parmi les plus consommées. Elles sont riches en arginine et en isoflavones. Les isoflavones, aussi appelées phytoœstrogènes, ont une structure similaire à celle de l'œstradiol, leur conférant des propriétés hormonales œstrogéniques. En se fixant sur les récepteurs œstrogéniques présents dans divers organes comme les seins, l'utérus, la prostate, la thyroïde..., les isoflavones peuvent moduler les voies hormonales.

Il est important d'être prudent avec l'utilisation continue de protéines de soja car les effets potentiellement bénéfiques ou délétères sur la santé ne sont pas encore clairement évalués par la science.(39)

Chez les hommes, l'apport de protéines de soja va entraîner un apport important d'hormones féminines ce qui va engendrer une baisse du taux de testostérone, une hormone pourtant clé pour les sportifs.

L'étude de Borrione Paolo,(40) a mis en évidence qu'une consommation quotidienne de protéines issues du soja entraîne une augmentation des concentrations plasmatiques en

progestérone (figure 12) et en œstrogènes (figure 13) chez les sportifs féminins et masculins en comparaison à des sujets non consommateurs.

Bien que ces altérations biochimiques n'aient pas été associées à des signes ou des symptômes de toxicité organique à court terme, il n'est pas exclu que ces sujets puissent souffrir de problèmes de santé à moyen ou long terme en raison d'une exposition chronique à des niveaux hormonaux fortement altérés. (40)

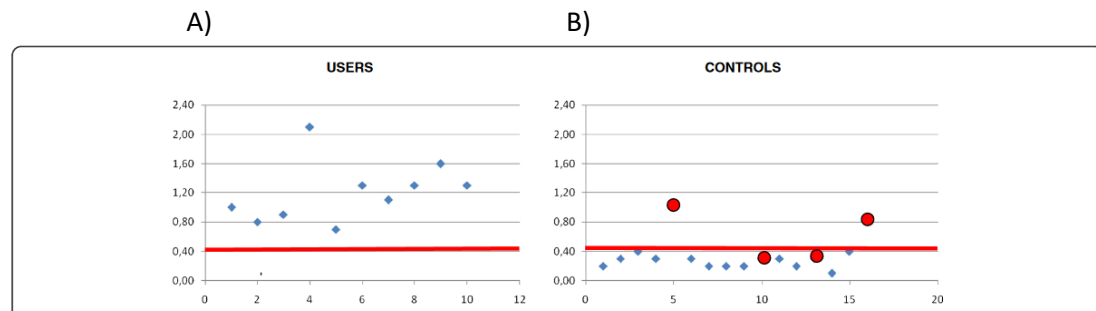


Figure 16 : Représentation des taux plasmatiques de progestérone chez les consommateurs de protéines végétales à base de soja

En A) les consommateurs ou users ; en B) le groupe contrôle.

La ligne rouge (0,4ng/ml) représente le taux maximal retrouvé chez les hommes. Les ronds rouges représentent les sujets féminins. (4 sujets féminins et 22 sujets masculins).

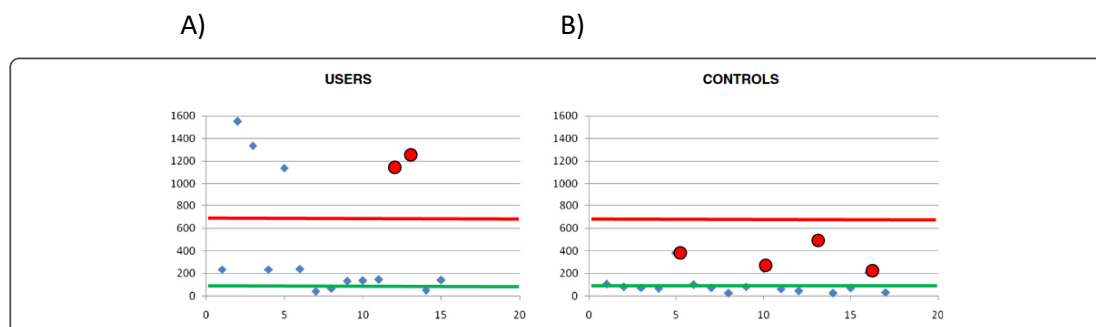


Figure 17- Représentation des taux plasmatiques d'œstrogènes chez les consommateurs de protéines végétales à base de soja

En A) les consommateurs ou users ; en B) les contrôles.

La ligne verte (35 pg/ml) représente le taux maximal retrouvé chez les hommes, la ligne rouge (650 pg/ml) représente le taux maximal retrouvé chez les femmes.

Les ronds rouges représentent les sujets féminins (6 sujets féminins et 26 sujets masculins).(40)

De plus, l'utilisation d'isoflavones est à éviter chez les patients atteints de cancers hormono-dépendants ou en traitement d'un cancer.

Comme pour tout apport nutritionnel ou médicamenteux, il est essentiel de consulter et d'en parler avec un professionnel de santé.(39)

Les protéines végétales en poudre offrent une alternative intéressante aux protéines animales, mais il est crucial de considérer leurs compositions et les précautions nécessaires pour certains individus. Elles restent une option viable pour ceux cherchant des sources de protéines adaptées à leurs besoins alimentaires et de santé.

f) Les gainers

Les gainers, ou gainers de masse, sont des mélanges principalement composés de glucides et de protéines, souvent enrichis en lipides, vitamines et minéraux. Ces suppléments sont utilisés par les sportifs pour prendre du poids grâce à leur forte teneur en calories(33)

Principalement responsables des calories, les glucides présents dans les gainers permettent de reconstituer les réserves de glycogène, source d'énergie principale pour les activités sportives.

Les protéines contribuent à la croissance musculaire en fournissant les acides aminés nécessaires à la réparation et à la construction des muscles.

Souvent, les gainers contiennent des glucides de qualité inférieure, et des sucres rapides appelés aussi sucres à index glycémique élevé, qui peuvent provoquer un pic d'insuline suivi d'une hypoglycémie réactionnelle néfaste pour le sportif.

De plus, un apport calorique excessif peut entraîner une prise de graisse plutôt qu'une augmentation de la masse musculaire si la consommation dépasse les besoins du sportif.

En résumé, les gainers peuvent être efficaces pour les personnes cherchant à prendre de la masse et qui ont des apports caloriques insuffisant par l'alimentation seule. Il est important de choisir des produits de haute qualité et de surveiller l'apport calorique pour éviter une prise de graisse excessive. (35)

Comme pour tout supplément, il est conseillé de consulter un professionnel de santé avant de commencer à utiliser des suppléments de protéines pour s'assurer qu'ils correspondent bien aux besoins et objectifs du sportif.

A noter que les marques STC NUTRITION®, EA FIT®, ERIC FAVRE® sont des exemples de marques proposant ces types de produits.



Figure 18 : Exemples de gainers

2. Les acides aminés

Les acides aminés sont les constituants des protéines. Ils sont essentiels pour la structure, la fonction et la régulation des cellules et des tissus de l'organisme. (17)

Ils sont au nombre de 20 chez l'Homme, ils contiennent tous un groupement amine (-NH₂) et un groupement carboxyle (-COOH), ainsi qu'une chaîne latérale spécifique à chaque acide aminé.

Chez l'Homme, il existe deux grandes catégories d'acides aminés :

- Les acides aminés essentiels : au nombre de 9, ils sont considérés comme essentiels car le corps humain ne peut pas les synthétiser, ils doivent donc être apportés par l'alimentation. On retrouve le tryptophane, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, la valine, la leucine, l'isoleucine et l'histidine.
- Les acides aminés non essentiels incluent la glutamine, la glycine, la proline, la sérine, la tyrosine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine, l'arginine, l'asparagine et la cystéine sont synthétiser par le corps.

Plusieurs acides aminés ont un rôle essentiel chez le sportif en raison de leurs actions sur la synthèse des protéines, la réparation musculaire, la production d'énergie...(41)

a) Les BCAA

Les Branched-chain amino acid en anglais ou acides aminés à chaîne latérale ramifiée sont un groupe de trois acides aminés essentiels que sont : la leucine, l'isoleucine et la valine. Ces acides aminés doivent être amenés par l'alimentation car le corps humain ne peut pas les synthétiser. Les principales sources de BCAA comprennent le poulet, porc, saumon, thon, lentilles, pois chiches, maïs, amandes, graine de courges, lait, yaourt, fromage, œuf...(33)

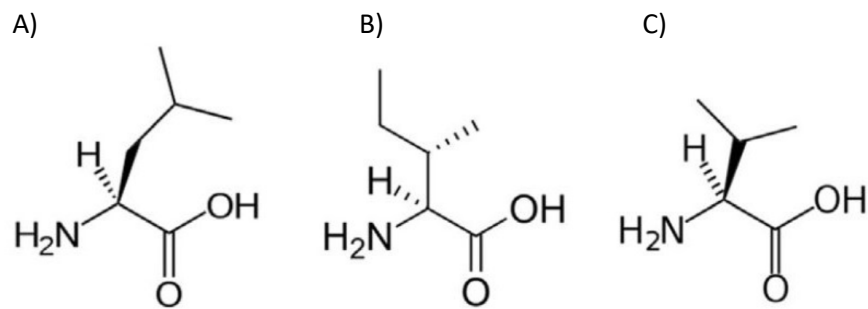


Figure 19 : Structures chimiques des trois acides aminés appartenant au groupe des BCAA

En A) la leucine ; en B) l'isoleucine et en C) la valine

Les BCAA représentent environ 14% des acides aminés retrouvés dans les protéines musculaires et sont uniques en raison de leur chaîne latérale aliphatique non linéaire. Leur ingestion ou libération lors de la dégradation des protéines les rend disponibles pour l'oxydation ou l'incorporation dans les protéines via la synthèse protéique.

De ce fait, les sportifs les consomment sous forme de poudre, de gélules, de comprimés, de stick de poudre ou liquide.(42)

La leucine est la principale molécule utilisée pour l'anabolisme musculaire, en activant la voie des mTOR elle va stimuler directement la croissance musculaire.

L'isoleucine est impliquée dans la production d'énergie, et la valine est impliquée dans la réparation et la croissance musculaire.

Les produits commercialisés présentent des ratios allant de 2:1:1 à 20:1:1 indiquant que la teneur en leucine est deux fois plus élevée que celle de l'isoleucine et de la valine dans cet ordre.

Le ratio naturellement présent dans l'organisme est 2:1:1, signifiant que notre corps utilise deux fois plus de leucine que d'isoleucine ou de valine pour l'anabolisme musculaire.

Cependant les BCAA ont un goût amer s'ils ne sont pas aromatisés.(35)

Une étude récente de 2023, a approfondi la compréhension du rôle des BCAA sur la synthèse et la dégradation des protéines musculaires.(43)

Les BCAA augmentent la synthèse des protéines musculaires en activant leur signalisation moléculaire ; en particulier la leucine qui régule cette synthèse en agissant sur la voie mTOR. Les BCAA réduisent également l'expression de ligases ubiquitaires MuRF-1 et MAFbx qui sont impliquées dans la dégradation des protéines musculaires.

Les effets des BCAA sur la synthèse et la dégradation des protéines sont transitoires et restent inférieurs aux résultats obtenus avec des sources complètes de protéines comme le montre

le graphique ci-dessous. Ainsi, l'ingestion de protéines alimentaires de haute qualité, fournissant tous les acides aminés essentiels, est plus efficace pour l'anabolisme et le catabolisme musculaire à long terme.

Cependant, pour les sportifs cherchant à maximiser leur récupération et leur performance, les BCAA peuvent offrir des avantages spécifiques, notamment lorsqu'ils sont utilisés de manière ciblée en complément d'un régime alimentaire équilibré.

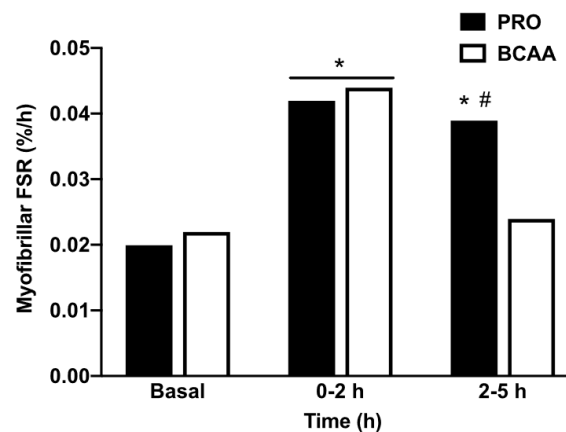


Figure 20 : Représentation du taux de synthèse de protéines myofibrillaires FSR (43)

Protéines étudiées à l'état de jeûne ou basal ; pendant la période post-prandiale précoce (0-2h) et pendant la période post-prandiale tardive (2-5h) suivant l'ingestion de 30g de protéines de lait notées PRO (contenant 6g de BCAA dont 2,64g de leucine) ou 6g de BCAA (BCAA dont 3g de leucine, 1,5g d'isoleucine et 1,5g de valine) chez des hommes sains.

**différence significative*

L'Institut de Recherche du Bien-être de la Médecine et du Sport santé (IRBMS) a étudié 45 compléments alimentaires et aliments diététiques spécifiques aux sportifs contenant des BCAA, sur un panel de 31 fabricants.(44)

	Fabricants	Noms des produits évalués		Fabricants	Noms des produits évalués
1	APTOMIA	BCAA 2:1:1	26	NHCO NUTRITION	BCAA 2:1:1
2	BE GREEN ORGANIC	BE GREEN BCAA	27	NHCO NUTRITION	BCAA 4:1:1
3	BEST BODY NUTRITION	BCAA BLACK BOL	28	NU3	POWER BCAA
4	BIOTECH USA	BCAA B6	29	NU3	POWER BCAA
5	BLACK PROTEINE	BCAA COMBO	30	NUTREND	BCAA 2:1:1
6	BLACK PROTEINE	BCAA 8:1:1	31	NUTREND	BCAA MEGA STRONG
7	BODYBUILDING NATION	BCAA NEUTRE	32	NUTRISENS	AMINO MAX
8	BSN	BCAA DNA	33	NUTRYTEC	BCAA S 2.1.1
9	BULKPOWDERS	BCAA 1000MG	34	NUTRYTEC	BCAA KOWA 8.1.1
10	BULKPOWDERS	BCAA INSTANTANES POWDRE	35	OLIMP NUTRITION	BCAA 1100
11	DYMATIZE	BCAAS	36	OLIMP NUTRITION	BCAA XPLOIDE POWDER
12	DYMATIZE	BCAA 2200	37	OPTIMUM NUTRITION	BCAA 1000
13	EAFIT	BCAA 4.1.1	38	OVERSTIM'S	BCAA
14	EAFIT	BCAA A CROQUER	39	POWERMAN	BCAA 6200
15	ENERVIT	BCAA	40	PUNCH POWER	BCAA
16	ERIC FAVRE	BCAA 10.1.1 VEGAN	41	SCITEC NUTRITION	BCAA 6400
17	ERIC FAVRE	BCAA +15Myoprogène	42	SCITEC NUTRITION	BCAA 1000
18	FUTURELAB	BCAA 12.1.1	43	STC NUTRITION	BCAA SYNERGY+
19	FUTURELAB	BCAA GLUTA B6	44	SUPERSMART	BCAA'S
20	IRONMAXX	BCAA PROFESSIONAL	45	WEIDER	BCAA
21	MULTIPOWER	BCAA+			
22	MULTIPOWER	BCAA POWDER 2.1.1			
23	MUSCLEFARM	BCAA 3/1/2			
24	MYPROTEINE	BCAA ELITE			
25	MYPROTEINE	BCAA PLUS			

Tableau 3 : Les différents produits étudiés par l'IRBMS

Ces produits ont été analysés en comparaison avec les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) publiés en 2008 par l'ANSES, exprimés en mg/kg/jour et ajustés pour trois catégories de poids (70, 80 et 90 kg).

ANC en A.A.ramifiés IRBMS Quantités exprimées en mg	LEUCINE			ISO LEUCINE			VALINE					
	ANC	ANC calculé /poids corps			ANC	ANC calculé /poids corps			ANC	ANC calculé /poids corps		
	mg/kg/j	70 kg	80 kg	90 kg	mg/kg/j	70 kg	80 kg	90 kg	mg/kg/j	70 kg	80 kg	90 kg
FAO/UNU/OMS 1985	14	980	1 120	1 260	10	700	800	900	10	700	800	900
ANC 2001 (Martin et al 2001)	39	2 730	3 120	3 510	23	1 610	1 840	2 070	21	1 470	1 680	1 890
DRI 2002 (FNB/IOM 2002)	34	2 380	2 720	3 060	15	1 050	1 200	1 350	19	1 330	1 520	1 710
Besoins moyens proposés par AFSSA (2008)	39	2 730	3 120	3 510	18	1 260	1 440	1 620	18	1 260	1 440	1 620
Apports recommandés AFSSA (2008)	42	2 940	3 360	3 780	19	1 330	1 520	1 710	24	1 680	1 920	2 160
Valeur Maximale		2 940	3 360	3 780		1 610	1 840	2 070		1 680	1 920	2 160
Valeur Moyenne		2 352	2 688	3 024		1 190	1 360	1 530		1 288	1 472	1 656

Tableau 4 : ANC recommandés par l'ANSES pour trois acides aminés et pour trois catégories de poids

L'ANSES recommande généralement un ratio de 2:1:1, c'est-à-dire deux fois plus de leucine que d'isoleucine ou de valine, ce ratio étant le seul reconnu sur le plan nutritionnel.

L'étude a révélé de grandes variations dans les dosages recommandés par les fabricants. Certains produits contiennent une quantité de BCAA inférieure aux ANC, tandis que d'autres dépassent largement ces recommandations, rendant leur consommation inadaptée et incompatibles pour les sportifs.(45)

Parmi les compléments étudiés, 49 % proposaient des doses incompatibles avec les recommandations pour un sportif de 70 kg. Les dosages recommandés par les fabricants atteignent parfois jusqu'à trois fois l'ANC, ce qui constitue un surdosage potentiellement nocif et délétère, sans bénéfice prouvé pour la performance sportive.

De plus, les formulations sont proposées sans justification nutritionnelle et avec des allégations non démontrées et non scientifiques de type : « Le ratio idéal 3:1:2 minimise les dommages musculaires et entretient la prise de masse corporelle » ou bien encore « Cette haute teneur en L-leucine a été spécialement dosée par nos spécialistes, suivant leurs 25 années d'expérience, pour pourvoir aux besoins des athlètes professionnels lors de leurs exercices les plus intenses. ».

Ces allégations purement marketing, peuvent induire en erreur et leurrer le consommateur.

Enfin, l'IRBMS rappelle que, bien que les BCAA puissent être bénéfiques pour la récupération dans les sports d'endurance, les besoins en BCAA sont généralement couverts par une alimentation équilibrée et variée, même pour les sportifs professionnels. Il est également à noter que les BCAA d'origine animale, en particulier ceux provenant des produits laitiers, sont souvent supérieurs sur le plan nutritionnel. (44)

b) *La glutamine*

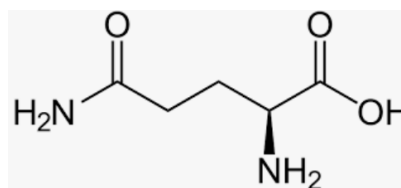


Figure 21 : Structure chimique de la glutamine

La glutamine est un acide aminé non essentiel que l'organisme peut synthétiser à partir d'autres acides aminés. Cependant, chez les sportifs s'entraînant régulièrement, l'effort physique peut provoquer une diminution significative du taux de glutamine, au point que l'organisme peine à en produire suffisamment. Pour cette raison, il est fréquent que les sportifs complètent leur alimentation avec de la glutamine, seule ou associée à d'autres acides aminés, pour combler ce déficit.(46)

Présente en grande quantité dans les muscles, la glutamine joue un rôle clé dans la synthèse des protéines et l'hydratation cellulaire. Un taux élevé de glutamine dans les muscles est associé à une meilleure hydratation cellulaire, favorisant ainsi un anabolisme accru.

En plus de son rôle dans l'hydratation des cellules, la glutamine soutient le système immunitaire en nourrissant les lymphocytes et les macrophages.

Elle contribue également au maintien de l'intégrité de la barrière intestinale, souvent compromise lors d'efforts intenses, ce qui peut entraîner des troubles gastro-intestinaux courants chez les sportifs.

La glutamine aide aussi à éliminer l'ammoniac, un déchet toxique produit lors de la dégradation des protéines. En se liant au glutamate grâce à l'action de la glutamine synthase, l'ammoniac (NH_3) est transformé en glutamine.

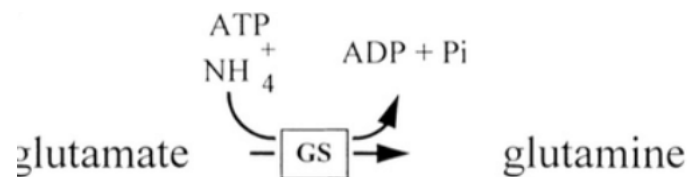


Figure 22 : Voie de métabolisation de l'ammoniac en glutamine

La glutamine pourrait également servir d'indicateur de surentraînement et de fatigue. Chez les athlètes préparant de grandes compétitions, comme les Jeux Olympiques, une baisse du taux de glutamine a été observée chez ceux souffrant de surentraînement, nécessitant alors une récupération plus longue.(35)

Cependant, la supplémentation orale en glutamine est limitée par sa faible absorption, due à un métabolisme hépatique et rénal élevé (environ 90%), laissant peu de glutamine disponible pour les muscles. Pour contourner ce problème, de plus en plus de compléments nutritionnels contiennent de la glutamine sous forme de peptides, mieux absorbée par l'organisme.(46)

c) Le pré-workout

Comme son nom l'indique, le pré-workout est une préparation à prendre 30 à 60 minutes avant l'entraînement.

Ces compléments contiennent généralement un mélange d'ingrédients actifs, notamment de la caféine pour stimuler l'énergie et réduire la sensation de fatigue, de la citrulline et de la bêta-alanine pour diminuer la fatigue musculaire en neutralisant l'acide lactique accumulé durant l'effort, ainsi que des BCAA pour favoriser la récupération, et parfois de la créatine pour améliorer la performance. D'autres composants, tels que des stimulants

supplémentaires (thé vert, guarana, taurine), des plantes ou des acides aminés, peuvent être ajoutés selon les marques et les produits.(33)

Le pré-workout vise à améliorer la performance physique, à prolonger l'effort et à réduire la fatigue physique et mentale.

Cependant, en raison de leur forte teneur en stimulants, ces produits peuvent entraîner des effets secondaires tels que des palpitations, des troubles du sommeil et un risque de dépendance.

3. Les dérivés

a) La créatine

La créatine est un dérivé azoté produit par le foie, les reins et le pancréas à partir de trois acides aminés : la glycine, la méthionine et l'arginine. Elle peut également être apportée de façon exogène par l'alimentation, notamment via la viande (porcine et bovine) et le poisson ; dans le cadre d'une alimentation équilibrée ces apports représentent la moitié des apports journaliers en créatine. (47)

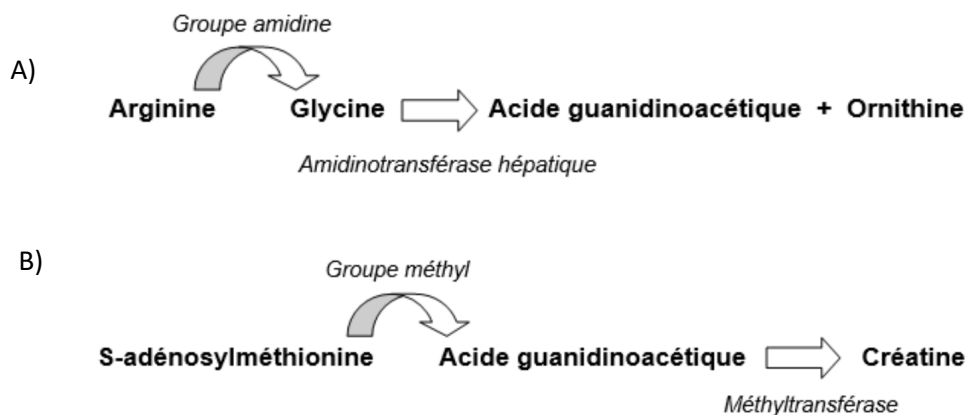


Figure 23 : Voies de synthèse de la créatine

En A) Transamination de l'arginine et de la glycine en acide guanidinoacétique par une aminotransférase hépatique

En B) Méthylation de l'acide guanidinoacétique à partir d'une méthionine en créatine

Dans l'organisme, la créatine existe sous deux formes : la phosphocréatine et la créatine libre. Elle est principalement stockée dans les muscles squelettiques (à 95 %), mais aussi dans le cœur et le cerveau, et circule ensuite dans le sang.

Une fois absorbée, la créatine est captée par les muscles, où elle est convertie en phosphocréatine (PCr) pour être stockée. Une petite partie est transformée en créatine libre (Cr) avant d'être convertie de manière irréversible en créatinine, un produit de dégradation excrété principalement par les reins, et dans une moindre mesure, par la sueur.

L'excrétion urinaire de créatinine est d'environ 2 g/jour, mais elle augmente en cas d'effort physique intense.

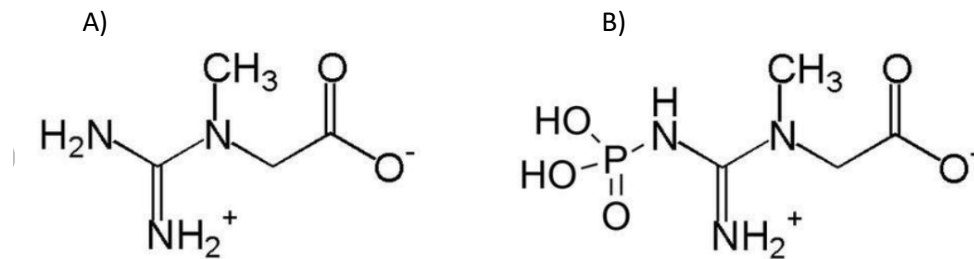


Figure 24 : Structures chimiques

En A) créatine Cr et en B) phosphocréatine PCr

La créatine joue un rôle crucial dans le métabolisme énergétique. La voie de la phosphocréatine fournit de l'énergie en permettant à l'ADP de se transformer en ATP via la voie anaérobie alactique, essentielle pour les muscles. (48)

Sous l'action de la créatine kinase, la phosphocréatine se lie à l'ADP, libérant ainsi de la créatine et de l'ATP, une source d'énergie pour les sportifs. Cette source d'énergie est immédiatement disponible, mais limitée, ce qui la rend particulièrement utile pour les efforts brefs et intenses comme le sprint ou la musculation.(49)

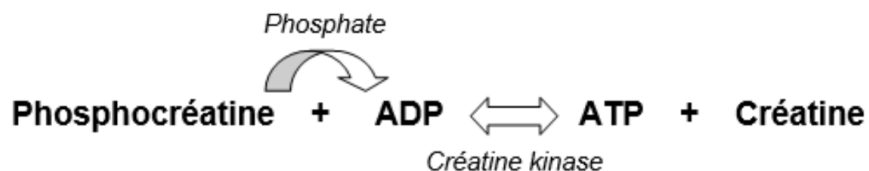


Figure 25 : Voie de la phosphocréatine

De nombreux athlètes consomment des suppléments de créatine synthétique, disponible sous diverses formes (monohydrate, citrate, phosphate, malate, etc.) en poudre ou en boisson. Depuis 2012, l'EFSA a approuvé une allégation selon laquelle « la créatine améliore les capacités physiques lors de séries d'exercices très intenses et de courte durée », valable uniquement pour les sportifs effectuant des efforts courts, intenses et répétés, à condition de consommer 3 grammes par jour. En avril 2017, une autre allégation a été reconnue par l'EFSA, stipulant que « la consommation quotidienne de créatine peut renforcer l'effet de la musculation sur la force musculaire chez les adultes de plus de 55 ans ». Cette dernière allégation s'applique uniquement aux personnes de plus de 55 ans pratiquant la musculation.(17)

L'EFSA considère que la consommation de créatine jusqu'à 3 grammes par jour est sans danger pour les individus en bonne santé. Cependant, parmi les différentes formes de créatine sur le marché, seule la créatine monohydrate a été largement étudiée pour son innocuité ; les autres formes, plus récentes, n'ont pas encore été suffisamment évaluées.(48)

Les effets secondaires de la créatine peuvent inclure des nausées, vomissements, diarrhées, maux de ventre, crampes, ainsi que des troubles rénaux et hépatiques.(50)

Deux cas de thrombose veineuse abdominale associés à l'utilisation de créatine chez deux sportifs ont été rapportés dans la littérature. Le mécanisme proposé pour expliquer ces complications est un état de déshydratation extracellulaire, provoqué par une augmentation de la pression oncotique intracellulaire due à la créatine. Bien que les thromboses aient été rapidement traitées chez ces patients en bonne santé, l'usage de créatine est désormais strictement interdit chez ces sportifs.(51)

Elle peut également entraîner une prise de poids due à la rétention d'eau. De ce fait, la créatine est contre-indiquée chez les personnes souffrant de pathologies rénales ou hépatiques, les femmes enceintes ou allaitantes.

Certains métabolites de la créatine, en particulier en cas de consommation excessive et répétée, sont des amines hétérocycliques potentiellement cancérigènes. Bien que ce risque reste controversé et mal défini, par précaution, il est recommandé d'éviter une consommation excessive de créatine.(50)

Enfin, la créatinine, produit de dégradation de la créatine, est un marqueur biologique utilisé pour évaluer la fonction rénale. La consommation de créatine peut entraîner un diagnostic faussement positif d'insuffisance rénale chez les sportifs.

b) *Le β-hydroxy-β-méthylbutyrate (HMB)*

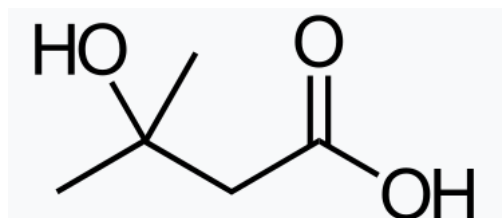


Figure 26 : Structure chimique du β-hydroxy-β-méthylbutyrate

Le β -hydroxy- β -méthylbutyrate (HMB) est un métabolite naturel dérivé de la dégradation de la leucine, un acide aminé essentiel. Environ 5 % de la leucine est convertie en HMB, un métabolite actif produit par le foie.(52)

Ce composé est largement utilisé dans le domaine du sport en raison de ses effets potentiels sur la performance physique, la récupération musculaire et la composition corporelle.

Il semblerait que les bénéfices attribués à la leucine soient en réalité principalement dus à son métabolite, l'HMB.

En effet, l'HMB pourrait réduire le catabolisme musculaire, aidant ainsi les athlètes à maintenir leur masse musculaire. Il favorise la synthèse des protéines musculaires en activant la voie mTOR, limite la dégradation des protéines en inhibant le complexe ubiquitine-protéasome, et pourrait même stimuler la différenciation des cellules souches musculaires.(53)

Une méta-analyse réalisée en 2015, basée sur les recherches disponibles dans la base de données PubMed, a évalué l'impact de l'HMB dans le sport, avec une attention particulière aux disciplines à fort impact physique comme le football, le rugby ou le football américain.

Les résultats montrent que l'HMB est un supplément prometteur pour améliorer la performance et la récupération dans divers sports, en particulier ceux d'endurance et de force, avec une efficacité démontrée dans 12 études sur 13.(54)

Cependant, l'efficacité de l'HMB peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que le niveau d'entraînement des individus, l'intensité de leur programme d'entraînement et la durée de la supplémentation. Bien que l'HMB présente des avantages potentiels, ses effets semblent être plus marqués chez les débutants ou les personnes âgées, tandis que les athlètes expérimentés ou ceux ayant déjà une masse musculaire significative pourraient en tirer moins de bénéfices.

c) *La carnitine*

La carnitine est une molécule produite par les reins et le foie à partir d'acides aminés et de vitamines, notamment la lysine, la méthionine, la niacine, la vitamine B6, la vitamine C et le fer. Elle est également apportée par l'alimentation, principalement à travers la viande rouge et les produits laitiers.(17)

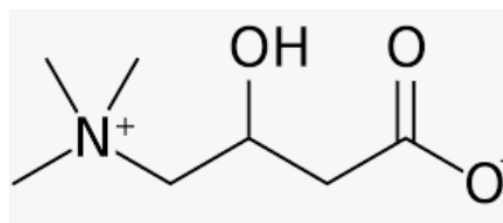


Figure 27 : Structure chimique de la L-carnitine

La L-carnitine, forme biologiquement active de la carnitine, se trouve principalement dans les muscles et joue un rôle essentiel dans le métabolisme des graisses. Elle facilite le transport des acides gras vers les mitochondries, où ils sont transformés en énergie par la voie de la β -oxydation.(23)

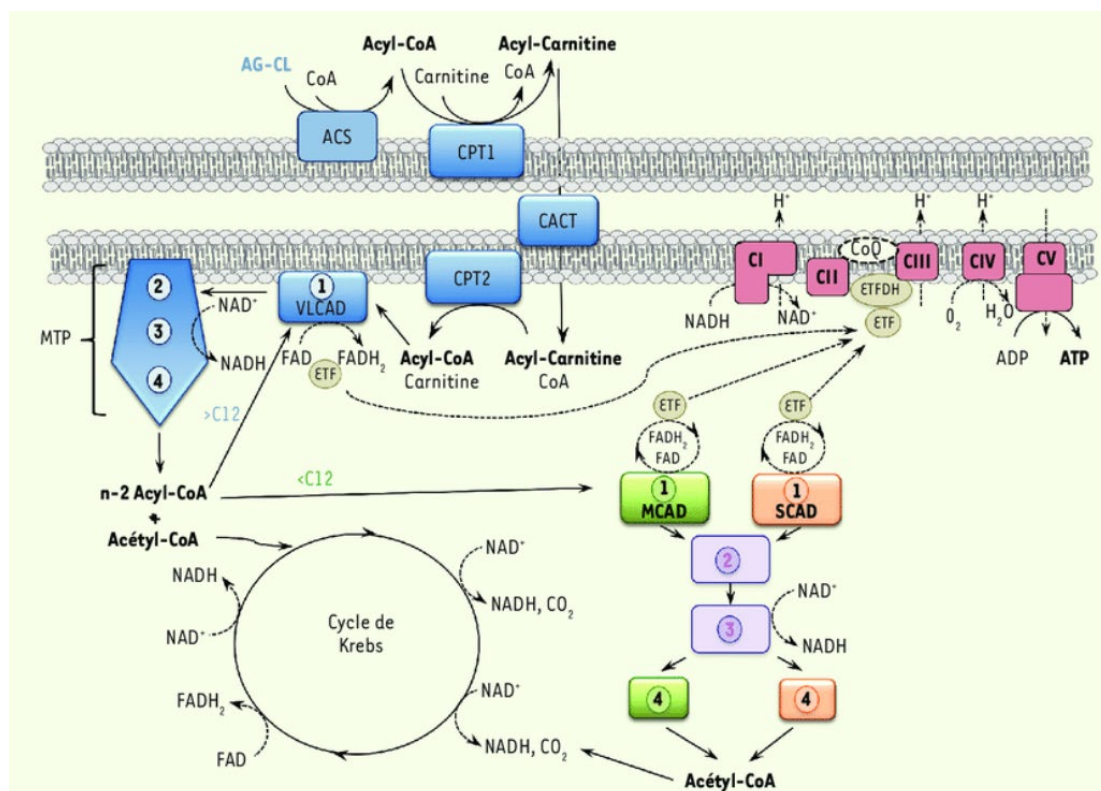


Figure 28 : Beta-oxydation mitochondriale des acides gras

En raison de ces propriétés, les sportifs consomment de la carnitine pour favoriser la perte de poids en utilisant les acides gras comme source d'énergie plutôt que de les stocker sous forme de lipides. De plus, en favorisant l'utilisation des graisses comme énergie, la carnitine peut aider à préserver les réserves de glycogène musculaire, prolongeant ainsi l'endurance et retardant la fatigue lors d'efforts prolongés.(55)

La carnitine est généralement bien tolérée, mais à fortes doses, elle peut provoquer des effets secondaires tels que des nausées, des crampes abdominales, des diarrhées et des hypoglycémies.

Une revue bibliographique récente de 2020 a analysé des essais cliniques randomisés ou non, réalisés sur des sujets humains en bonne santé, avec une supplémentation en carnitine d'au moins 12 semaines.

Parmi les 1024 articles initialement identifiés, 11 ont été retenus.

Ces études montrent que la supplémentation en L-carnitine, surtout en combinaison avec des glucides, augmente la concentration de carnitine dans les muscles squelettiques, améliore la tolérance à l'effort et la masse musculaire. (56)

Cependant, elle peut aussi entraîner une augmentation des niveaux de triméthylamine-N-oxyde (TMAO) à jeun, un composé potentiellement pro-athérogène, sans affecter les marqueurs de l'inflammation ou du stress oxydatif.

La supplémentation prolongée en L-carnitine pourrait offrir des bénéfices pour la performance physique et la composition corporelle dans certaines conditions.

Néanmoins, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les effets à long terme sur le système cardiovasculaire, en particulier en raison de l'élévation du TMAO.(56)

F. Conclusion

Les suppléments protéinés sont disponibles en de nombreuses variétés, avec des centaines de marques proposant différents produits pour tous les goûts et besoins. Bien que les protéines soient présentes en grande quantité dans notre corps, il est important de rappeler que la supplémentation ne doit pas remplacer un repas sain et équilibré. La prise de protéines n'est pas sans risques, et il est essentiel de consulter un professionnel de santé pour choisir un complément adapté aux besoins spécifiques et aux objectifs du sportif tout en garantissant une qualité du produit.

III. ETUDE DE L'IMPACT DE LA NUTRITION CHEZ LE SPORTIF, SA CONSOMMATION EN PROTEINES ET L'ENCADREMENT POSSIBLE DU SORTIF PAR LE PHARMACIEN D'OFFICINE

La pratique sportive peut amener les sportifs à vouloir améliorer leur capacité physique et leur performance selon les sports pratiqués.

Dans cet objectif, ils consomment des produits de nutrition spécifique et/ou des compléments alimentaires. L'accès à ces produits est libre.

Les sportifs peuvent demander conseil à un professionnel quant aux indications et modalités d'utilisation afin d'éviter des effets indésirables.

Dans ce contexte, l'utilisation de ces produits peut dépasser les recommandations et induire une conduite dopante.

Nous nous sommes intéressés aux pratiques de consommation des produits à base de protéines ou dérivés.

Pour quel (s) objectif(s) le sportif consomme ces produits et à quelle fréquence de l'activité physique. Est-ce que le consommateur est informé des potentiels effets indésirables ? Quelle place le sportif donne-t-il au pharmacien vis-à-vis de la délivrance de ces produits (conseils, sécurité d'emploi) ?

A. Objet de l'étude

La nutrition chez le sportif est très en vogue actuellement et fait l'objet de nombreuses controverses. Pour approfondir mes connaissances, j'ai réalisé un questionnaire anonyme et auto déclaratif à l'attention des sportifs visant à évaluer la consommation de protéines ou dérivés (AA, BCAA, créatine...) chez ces derniers et à déterminer la place du pharmacien d'officine dans la nutrition sportive.

Les consommateurs sont souvent mal informés sur les différents dangers (effets indésirables, interactions, prises de différentes substances concomitantes, dopage...) qu'ils encourent et sont très peu suivis par les professionnels de santé...(57,58)

Le questionnaire a pour objectif d'évaluer les pratiques courantes de consommation de suppléments nutritionnels pour les sportifs, à base de protéines ou dérivés des protéines.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer si, dans la vie courante, les sportifs, quel que soit leurs niveaux, consomment des produits de nutrition à base de protéines et, si oui, pour quelles raisons ?

Les objectifs secondaires sont de voir s'il y a une différence de comportement alimentaire en fonction du sport pratiqué, et de voir également si du point de vue des sportifs, le pharmacien d'officine a un rôle à jouer dans l'accompagnement du sportif et dans sa nutrition...

B. Méthodologie

Pour ce faire, j'ai élaboré un questionnaire que je considère être une méthode efficace pour laisser la liberté de réponse aux sportifs. Ce questionnaire, hébergé sur la plateforme Google Forms comporte une vingtaine de questions (questions ouvertes et fermées, réponses courtes, choix multiples, choix unique sur liste déroulante...) **voir en Annexes 1 et 2**

J'ai également réalisé une affiche avec QR code qui, une fois scannée, nous redirige directement vers le questionnaire prêt à être rempli.

Pour obtenir un maximum de données fiables, j'ai diffusé ce questionnaire à différents clubs de sport (club de rugby, d'athlétisme, de triathlon, de trails...) proches de chez moi, ainsi qu'à mes anciens clubs et à mon entourage sportif. J'ai également pu distribuer mon questionnaire lors d'une remise de dossards de la PatouTrail, un trail à Saint Lary et, durant mon stage en pharmacie d'officine, j'ai repéré quelques sportifs à qui j'ai pu faire remplir mon questionnaire.

Cela m'a permis de toucher un large éventail de disciplines sportives.

Le questionnaire était accessible sur une période de 3 mois soit du 10 avril 2024 jusqu'au 10 juillet 2024 inclus, avec une relance faite dans les clubs.

Pour interpréter les données et réaliser les graphes suivants, j'ai utilisé Excel.

J'ai obtenu 268 retours dont 265 exploitables, 3 réponses n'étant pas analysables car les participants n'ont pas indiqué quel sport ils pratiquent.

C. Résultats obtenus

1. La population sportive de l'étude

Les résultats sont assez bien représentatifs de la population générale, sur les 265 réponses, 53% des participants sont des hommes et 47% des femmes.

Sexe :

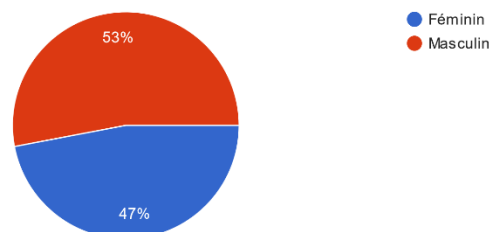


Figure 29 : Population sportive ayant répondu à l'étude

Sur les 265 réponses, 13 participants (en... %) sont des sportifs professionnels (pratiquant des sports plus ou moins différents tels que le tennis, rugby, trail, ski, football...) et parmi eux plus de 62% des sportifs de haut niveau consomment des substances protéinées au cours de leur pratique sportive.

La majorité des participants ont moins de 34 ans.

Quel âge avez-vous ?

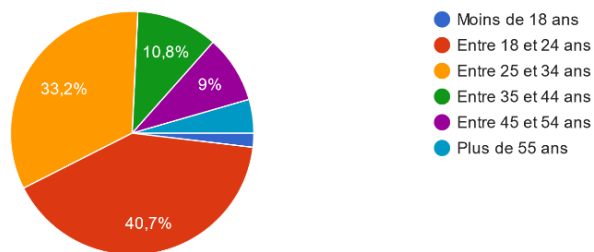


Figure 30 : Tranches d'âge des participants de l'étude

Les sportifs ayant participé à l'étude pratiquent majoritairement des sports tel que la course à pied /trail (38%) ensuite le rugby (35%) et la musculation/crossfit (30%). S'en suivent ensuite le cyclisme/VTT (12%), la randonnée (8%), la natation (8%), le ski/snow (5%) puis le football, tennis et basket (3%).

On remarque également que la majorité des sportifs (45,1%) pratiquent leur sport à un rythme important (3 à 5 fois par semaine), 24,3% 2 fois par semaine, tandis que 18,7% ont plus de 5 pratiques par semaine. Seulement 11,9% des sportifs pratiquent leur sport moins de deux fois par semaine.

A quelle fréquence pratiquez-vous ce sport ?

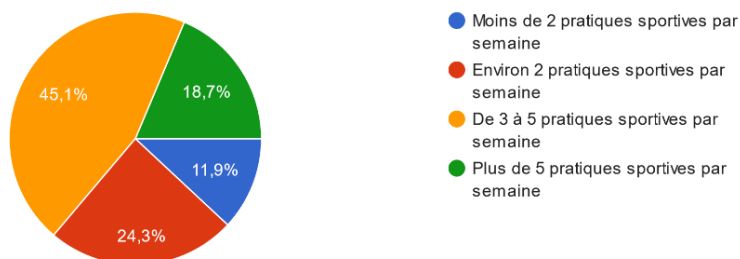


Figure 31 : Fréquence de sport par semaine des participants à l'étude

Parmi les participants, 91,4% d'entre eux pensent que la nutrition a un impact sur la pratique sportive.

2. *Prise de produits à base de protéines ou dérivés chez le sportif*

59,3% des sportifs déclarent ne jamais avoir pris de substances à base de protéines ou dérivés contre 40,3% qui en ont déjà pris.

Avez-vous déjà pris des substances à base de protéines (acides aminés, protéines, BCAA, créatine, whey...) dans le cadre de votre pratique sportive ?

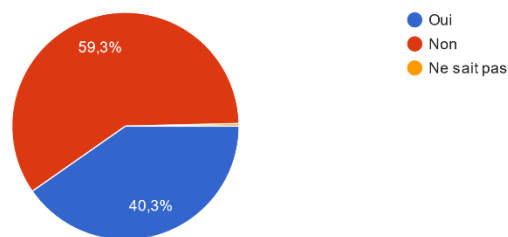


Figure 32 : Nombre de personnes ayant déjà consommé des protéines ou dérivés

Parmi ceux qui prennent des protéines les causes principales sont : pour une meilleure récupération (63,3%) > pour améliorer les performances (45%), pour prendre de la force/de la puissance (41,9%), pour prendre du poids/de la masse (39,4%) > sur les conseils de l'entourage sportif (21,1%), sur les conseils d'un professionnel de santé (11,9%), autres causes (>1%).

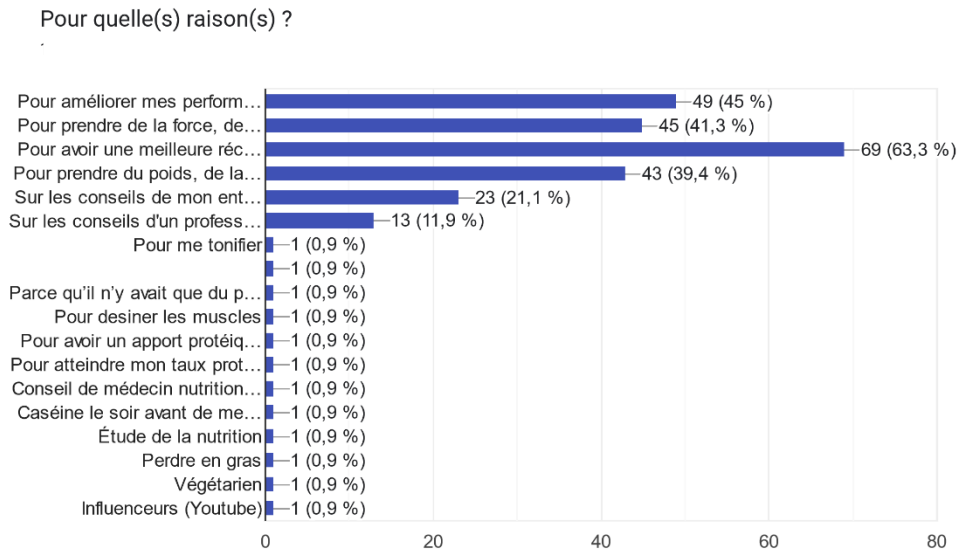


Figure 33 : Raisons pour lesquelles les participants de l'étude consomment des protéines et dérivés

Les marques de produits protéinés sont très nombreuses, la majorité provenant d'internet (69,7%), les pharmacies étant loin derrière dans la délivrance de suppléments nutritionnels aux sportifs.

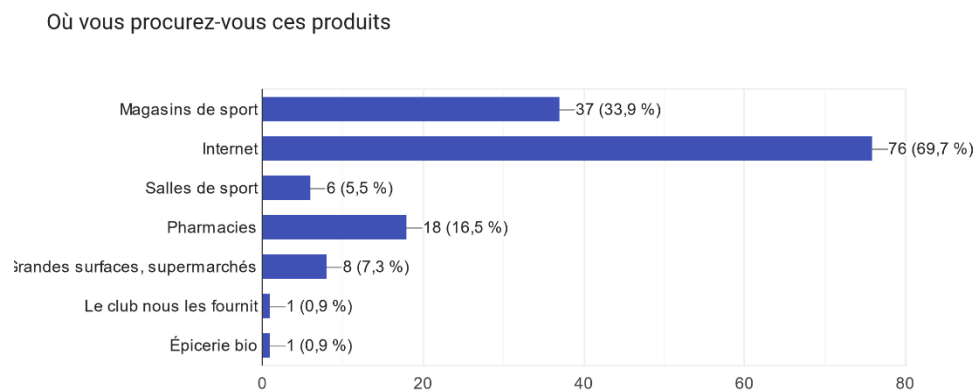


Figure 34 : Lieux où les consommateurs de protéines et dérivés achètent leurs produits

Seulement 38,8% des sportifs pensent que les protéines et dérivés peuvent présenter un risque pour la santé, 34,3% ne savent pas si c'est dangereux et 26,9% pensent que tous ces produits sont sans risques pour le sportif.

De plus, 2/3 des consommateurs de protéines trouvent un réel bénéfice à prendre ces produits.

Sentez-vous un réel bénéfice à consommer ces produits ?

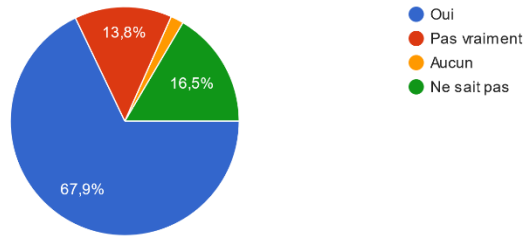


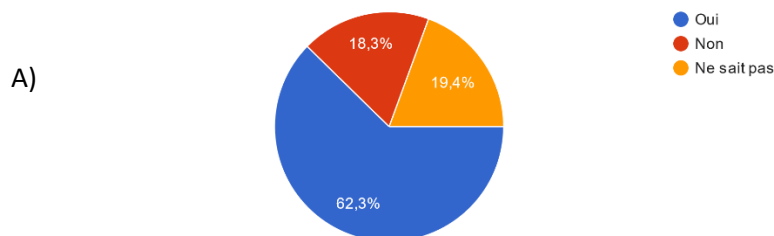
Figure 35 : Bénéfices à consommer ces produits protéinés

De plus, seulement 16,8% des participants prennent également des compléments alimentaires toute catégorie confondue en plus des dérivés protéinés de type : spiruline, vitamines, minéraux, oligoéléments, électrolytes, gels ou barres glucidiques.

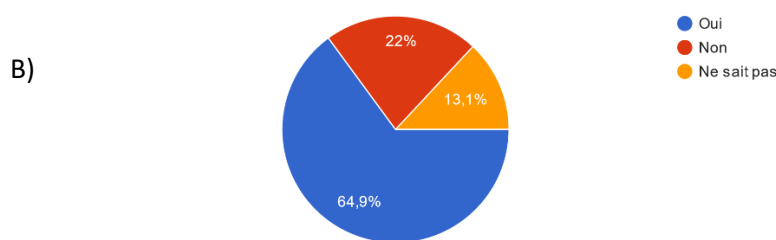
3. Rôle du pharmacien dans la prise en charge du sportif à l'officine

Pour les participants, 62,3% pensent que le pharmacien d'officine a un rôle prépondérant à jouer dans la nutrition du sportif et également 64,9% des sportifs aimeraient être plus encadrés par des professionnels afin d'aider le sportif dans sa consommation de protéines (tant au niveau des dosages à prendre, que des interactions potentielles, de la réglementation, des risques de dopage...)

Pensez-vous que votre pharmacien a un rôle à jouer dans la prise de substances nutritives chez le sportif ?



Vous sportifs, aimeriez-vous être plus encadrés et suivis par un professionnel de santé lors de votre consommation de produits protéinés (quantité, type de produit, risques, réglementation, dopage...)



Figures 36 et 37 : Place des professionnels de santé et en particulier du pharmacien d'officine dans l'encadrement et le suivi du sportif

En A) rôle du pharmacien et en B) rôle des professionnels de santé dans l'encadrement et le suivi

D. Analyses

Le but de cette étude est donc de voir en pratique réelle si les sportifs consomment des produits protéinés et s'ils consomment, les raisons qui les poussent à consommer. Ainsi que voir la perception qu'ont les sportifs sur ces différents produits, leur potentielle dangerosité ou leur bienfait et la place qu'a le pharmacien d'officine dans leur accompagnement. Nous allons analyser les résultats obtenus précédemment afin de pouvoir répondre à ces interrogations.

D'après les résultats obtenus, on remarque que la majorité des consommateurs des produits à base de protéines sont les hommes (71%) contre 29% seulement de femmes.

Les consommateurs les plus nombreux sont ceux âgés de 18 à 24 ans et 25 à 34 ans (78%) et ceux faisant du sport très régulièrement : ceux pratiquant entre 3 et 5 pratiques par semaines et ceux pratiquant plus de 5 fois par semaine (84%).

Parmi les consommateurs, la moitié d'entre eux pensent que consommer des produits à base de protéines n'a aucun risque pour leur santé, 26% ne connaissent pas les risques encourus et seulement 33% reconnaissent que leur consommation peut avoir des effets néfastes sur leur santé à type de problèmes rénaux, cardiaques, tumoraux, et hépatiques mais consomment quand même.

Pour les produits utilisés, les marques et types de produits sont très variés, à noter que la Whey protéine et la créatine sont les plus consommés. Les 3 marques revenant le plus souvent sont Bulk®, Myprotein®, Decathlon® même si plus d'une cinquantaine de marques différentes me sont parvenues via ce questionnaire, ceci est dû principalement à l'ampleur des réseaux sociaux, la communication des marques en ligne et la publicité faite sur internet.

Seulement 11,9% des sportifs consomment suite à des conseils d'un professionnel de santé : la grande majorité des autres sportifs consomment librement.

Maintenant focalisons nous sur les 3 sports majoritairement représentés dans cette étude à savoir la course à pied/trail, le rugby et la musculation/crossfit.

1. Course à pied / trail

La course à pied et/ou le trail, défini dans le Larousse comme « une course à pied longue distance sur un chemin ou un sentier accidenté » sont des sports d'endurance très populaires aujourd'hui.

Cette enquête a été réalisée auprès de 101 coureurs, traileurs qui ont répondu à mon questionnaire ce qui en fait le plus grand groupe de sportifs interrogés sur les 265 participants. 35% des coureurs, traileurs consomment des produits à base de protéines ou dérivés et parmi ces consommateurs, 11% sont des sportifs professionnels.

La principale raison de la consommation de protéines est d'améliorer la récupération dans plus de 70% des cas. D'autres raisons incluent le gain en force et puissance et également l'amélioration des performances.

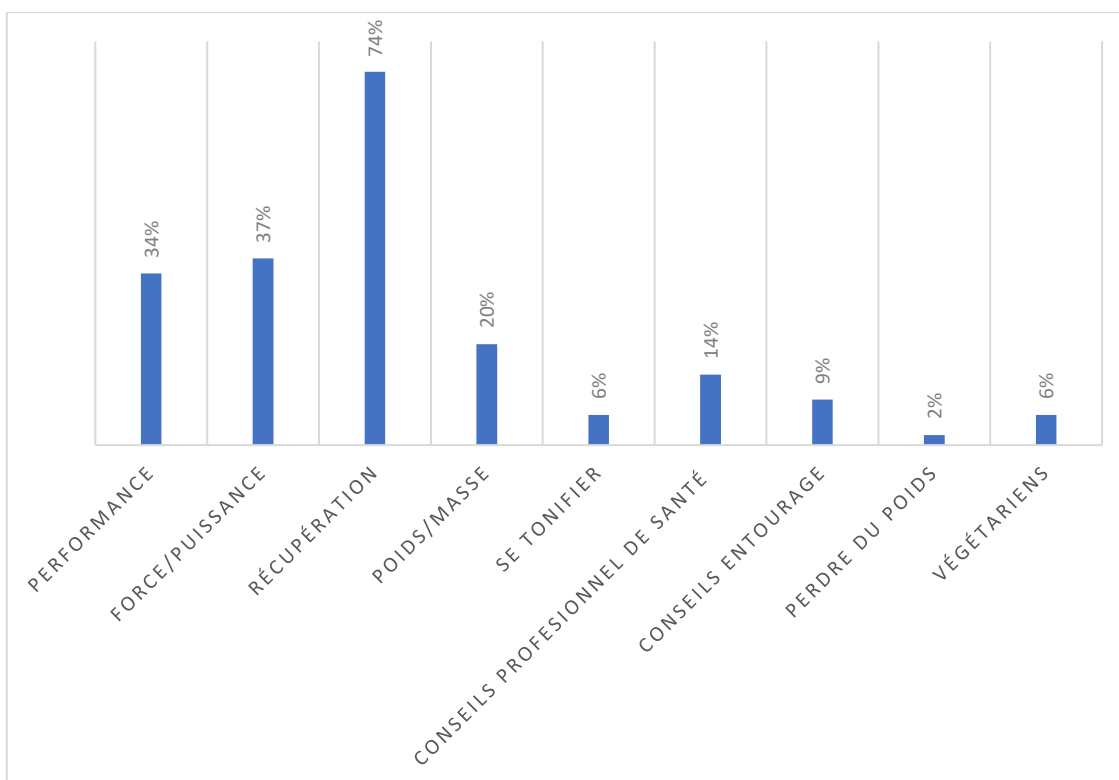


Figure 38 : Motivations des coureurs/traileurs à consommer des protéines et dérivés

69% des consommateurs rapportent un réel bénéfice sur leur corps suite à la prise de ces produits.

La consommation varie : la majorité consomment tous les jours, certains quelques fois par semaine, d'autres occasionnellement ou uniquement lors de longues sorties supérieures à trois heures de courses.

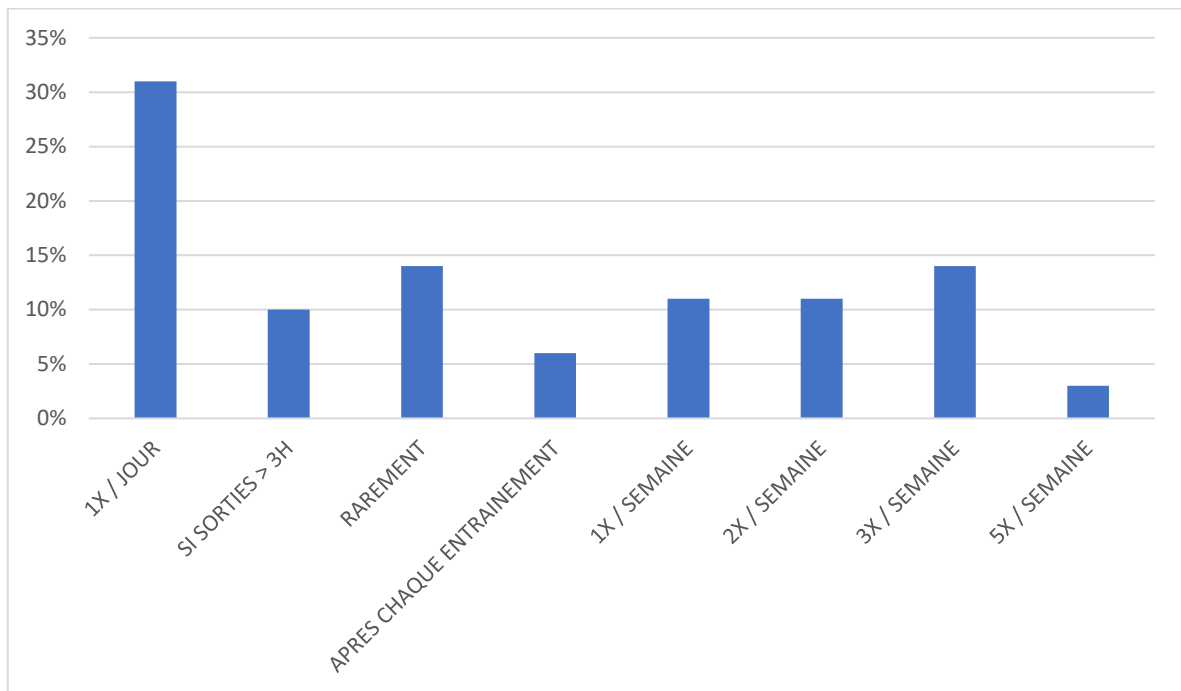


Figure 39 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les coureurs/traileurs

34% des consommateurs de protéines utilisent également dans leur quotidien des compléments alimentaires de types complexes vitaminiques, électrolytes et aussi des gels ou barres glucidiques lors des efforts.

De plus, parmi les consommateurs, 43% indiquent ne craindre aucun risque sur leur santé en utilisant ces produits tandis que 34% des consommateurs sont conscients des dangers encourus : problèmes rénaux, hépatiques, dopage, produits consommés inconnus et potentiellement de mauvaise qualité ou de composition douteuse.

La consommation de produits inconnus et de mauvaise qualité est particulièrement présente du fait que les achats de ces protéines se font majoritairement sur internet (à presque 70%), alors que les pharmacies représentent seulement 14% des ventes.

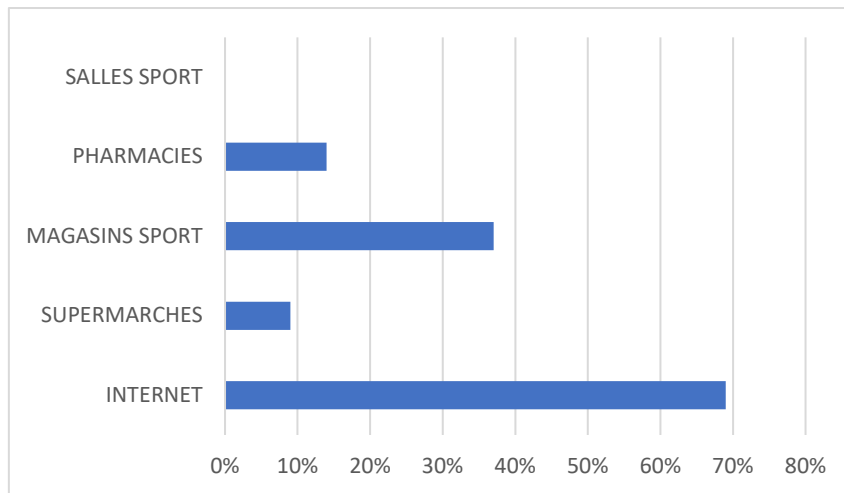


Figure 40 : Lieux d'achat des protéines et dérivés des coureurs/traileurs

2. Rugby

Le rugby est un sport collectif qui combine l'endurance, nécessaire pour des matchs de 80 minutes, avec la puissance et la force requises lors des plaquages, mêlées, et rucks. Ce sport connaît une popularité croissante en France, avec une participation significative de femmes. 92 rugbyman ont été questionnés sur les 265 participants de l'étude et parmi eux, 41% consomment des protéines ou substances dérivés et parmi eux 8 % sont des sportifs de haut niveau.

La principale raison de la consommation de protéines est l'amélioration des performances. Les autres motivations sont l'augmentation de la puissance et de la force ainsi que la prise de poids couramment appelée « prise de masse ».

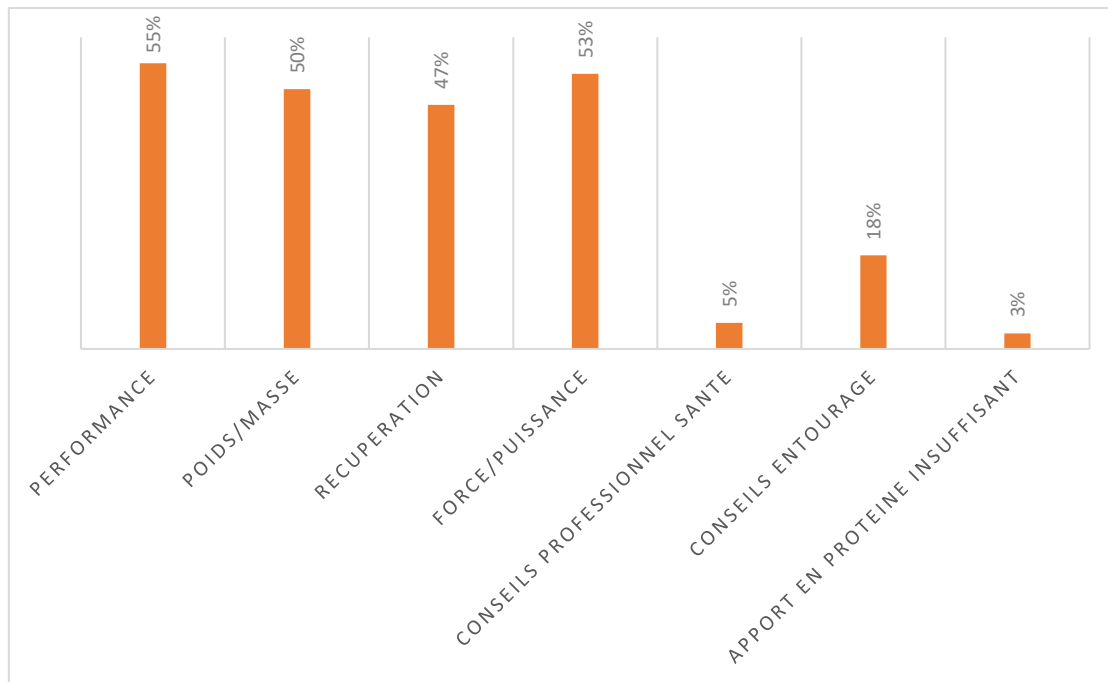


Figure 41 : Motivations des rugbyman à consommer des protéines et dérivés

59% des consommateurs perçoivent des bénéfices réels à l'utilisation de ces produits. Comme pour les coureurs, traileurs la consommation est variée : majoritairement quotidienne, parfois après chaque entraînement, plusieurs fois par semaine, ou de manière occasionnelle.

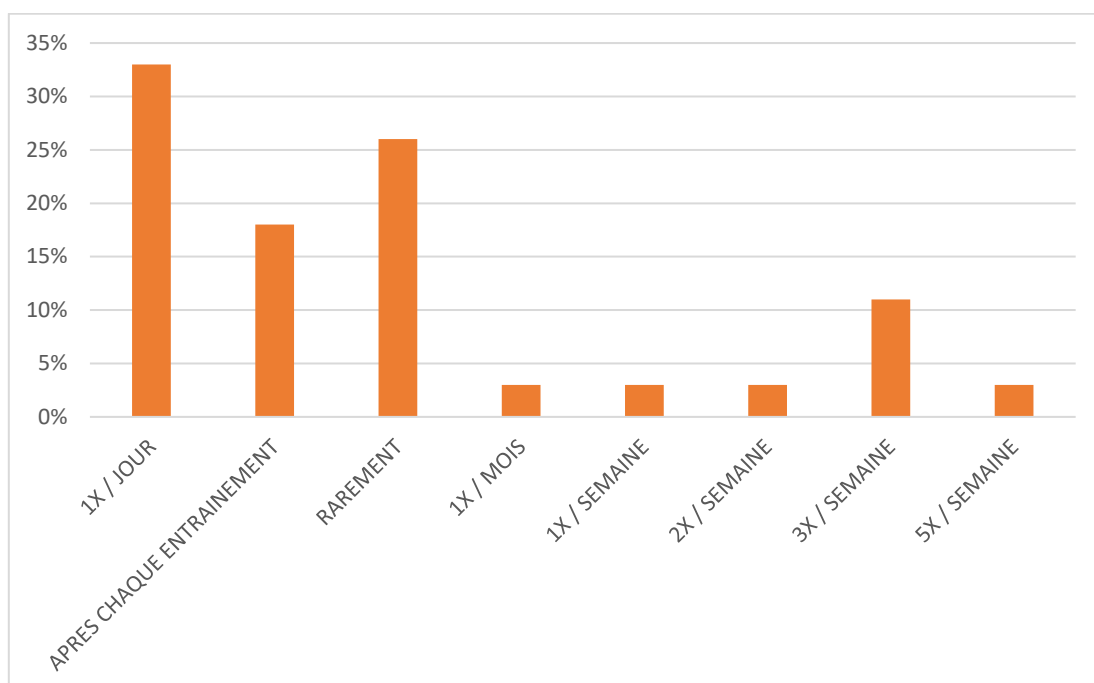


Figure 42 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les rugbyman

La polyconsommation est limitée : seulement 18% des consommateurs utilisent également des compléments alimentaires tels que du collagène et des complexes vitaminiques.

De plus, 32% des consommateurs reconnaissent des risques pour leur santé à consommer des produits à bases de protéines tels que des problèmes rénaux, cardiaques, hépatique et des risques de blessure. Tandis que 42% des consommateurs estiment qu'il n'y a aucun risque à prendre ces produits de nutrition.

Les achats de produits protéinés se font majoritairement sur internet (68%), suivis des magasins de sport (32%), avec une contribution moindre des pharmacies (18%).

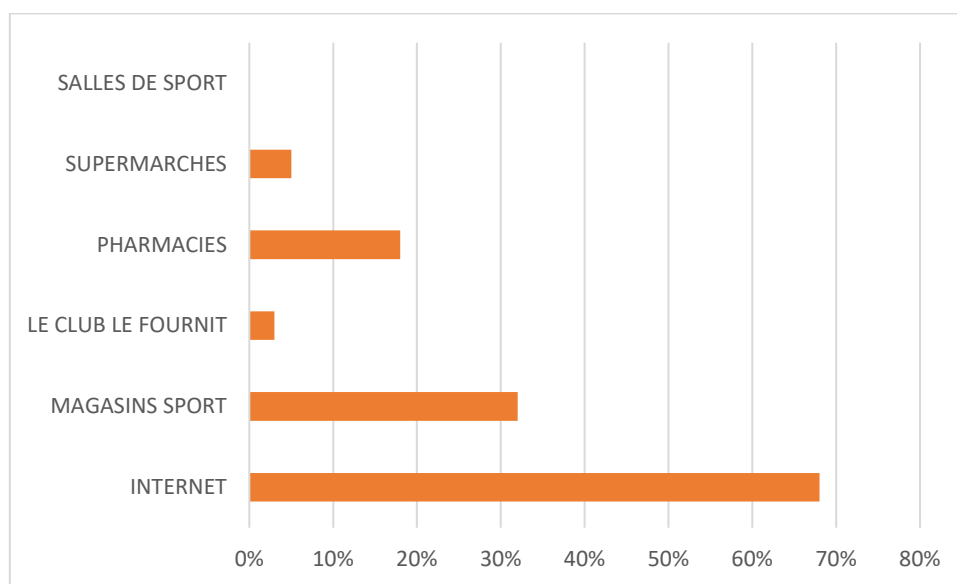


Figure 43 : Lieux d'achat des protéines et dérivés des rugbymans

3. *Musculation / Crossfit*

La musculation et le CrossFit, qui combine fitness et musculation, sont des sports de force très physiques et populaires. Une enquête a été menée auprès de 64 pratiquants de ces disciplines sur 265 participants à l'étude.

Plus de la moitié des pratiquants de musculation et CrossFit (58%) consomment des protéines ou dérivés.

Près de 60% des consommateurs utilisent des protéines pour gagner en poids et en masse, un objectif commun dans ces sports. D'autres raisons incluent l'augmentation de la puissance et de la force, l'amélioration des performances et de la récupération.

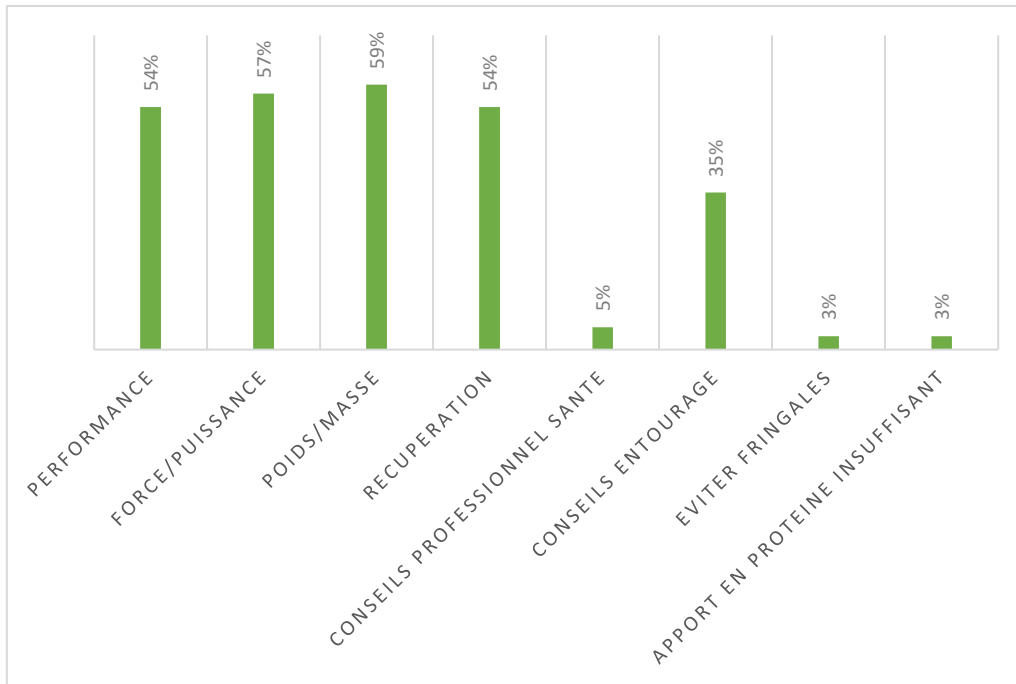


Figure 44 : Motivations des pratiquants de musculation/crossfit à consommer des protéines et dérivés

65% des consommateurs perçoivent un réel bénéfice à l'utilisation de ces produits.

La consommation varie : environ la moitié des consommateurs prennent des protéines quotidiennement, certains même en deux prises par jour. D'autres les consomment uniquement lors des entraînements, plusieurs fois par semaine, ou de manière occasionnelle.

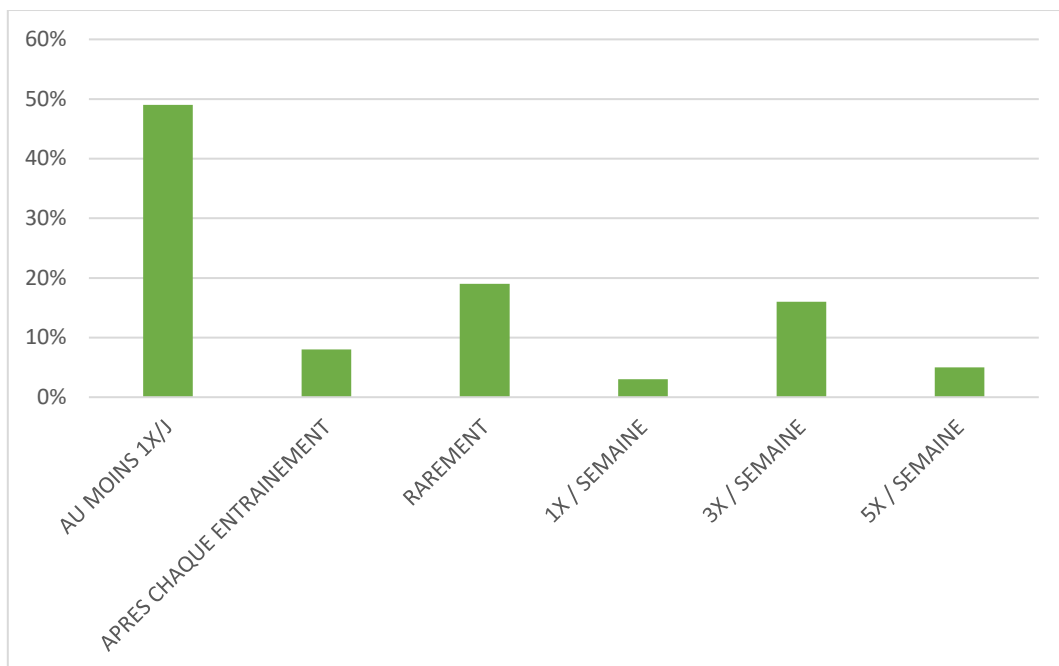


Figure 45 : Fréquence de consommation des protéines et dérivés chez les pratiquants de musculation/crossfit

24% des consommateurs utilisent également des produits comme les compléments alimentaires tels que des complexes vitaminiques, de la spiruline et du collagène.

50% des consommateurs estiment que la prise de protéines est sans risque.

Mais 35% reconnaissent des risques potentiels, tels que des problèmes rénaux, hépatiques, des déséquilibres nutritionnels, le dopage et la prise de poids.

Plus de 75% des achats de produits protéinés se font via Internet, dans des magasins de sport ou des salles de sport.

Enfin, quelques pharmacies parviennent également à vendre ce type de produits (8%).

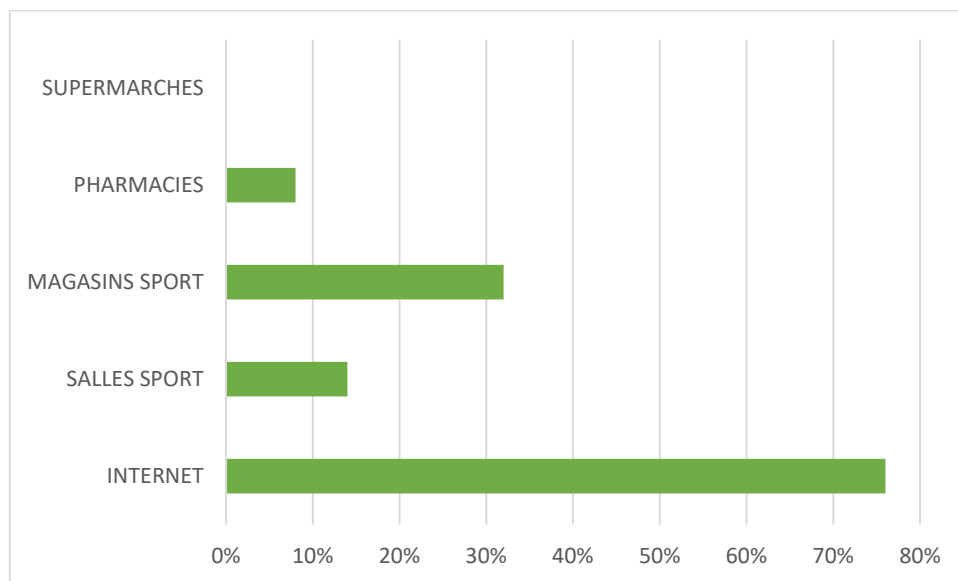


Figure 46 : Lieux d'achat des protéines et dérivés des pratiquants de musculation/crossfit

E. Le rôle du pharmacien dans l'accompagnements des sportifs

D'après cette étude, près de 60% des sportifs interrogés pratiquant la course à pied/ le trail, le rugby et la musculation/ le crossfit estiment que le pharmacien a un rôle fondamental à jouer dans le domaine de la nutrition sportive.

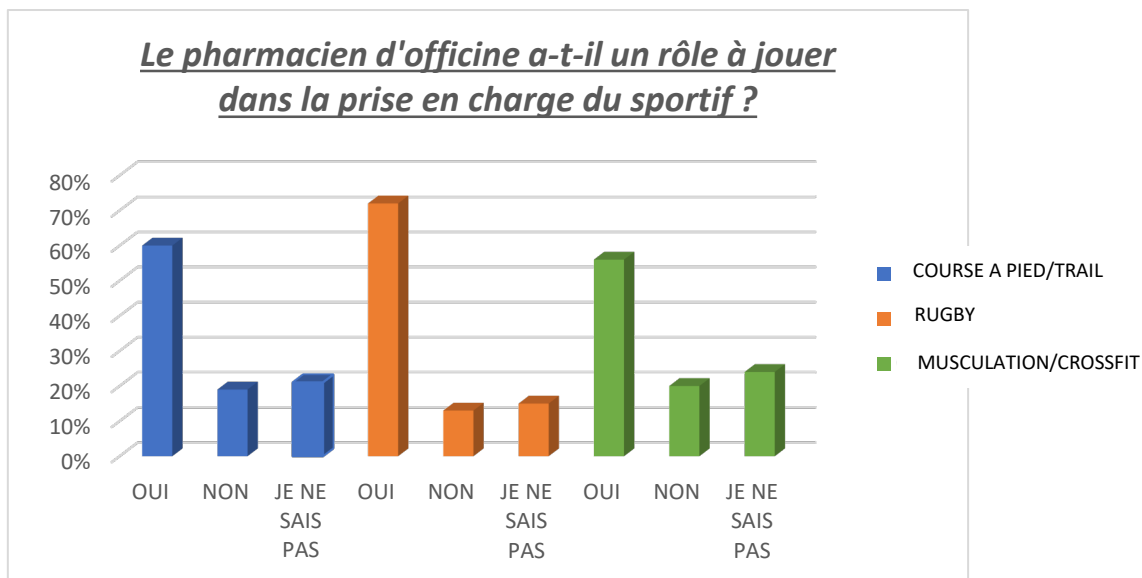


Figure 47 : Rôle du pharmacien d'officine dans la prise en charge des sportifs étudiés

Ces sportifs souhaitent que les pharmaciens fournissent des conseils éclairés sur la nutrition, les suppléments nutritionnels et les produits de performance.

De plus, les sportifs expriment un besoin accru d'accompagnement par des professionnels de santé, incluant des conseils nutritionnels, des informations sur la réglementation et le dopage.

Un suivi plus rigoureux et personnalisé à chaque sportif est souhaité.

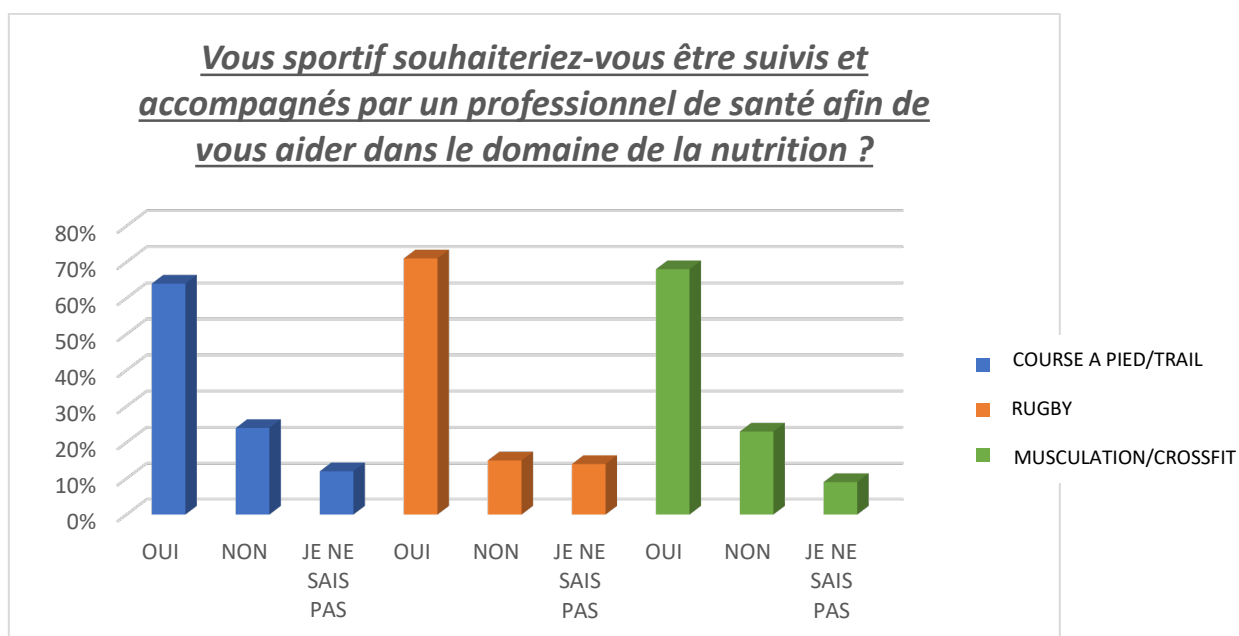


Figure 48 : Accompagnement et suivi des sportifs étudiés

F. Conclusions de l'étude

Ce questionnaire a permis de révéler les habitudes nutritives des sportifs en matière de produits à base de protéines, leur motivation, la perception qu'ont les athlètes sur ces produits et la place du pharmacien d'officine, acteur de proximité dans le domaine de la nutrition sportive.

Elle souligne l'importance croissante de la nutrition et des suppléments protéinés chez les sportifs de différentes disciplines.

Les résultats montrent des tendances communes et des besoins spécifiques chez les sportifs : les hommes consomment des protéines plus que les femmes.

Les jeunes de 18 à 34 ans consomment le plus de substances protéinées et en particulier ceux pratiquants du sport assez régulièrement (au-delà de 3 séances sportives par semaine).

Les consommations et motivations sont nombreuses, la perception des risques associés à la consommation de produits protéinés est variée.

Les sports d'endurance privilégient les protéines principalement pour améliorer leur récupération tandis que les sports de force, justifient leur utilisation par un besoin de prise de masse et/ou de force.

Certains consommateurs ne voient pas de danger, tandis que d'autres reconnaissent des risques potentiels tels que des problèmes rénaux, cardiaques, hépatiques, tumoraux, prise de poids, déséquilibre nutritionnel et dopage.

De plus, les achats de ces produits sont très rarement faits en pharmacies et donc très peu encadrés par le pharmacien d'officine. Les sportifs sont plus souvent tentés par internet, mais les achats en ligne posent des questions sur la qualité et sur la composition des produits.

De nombreux sportifs soulignent qu'ils ne sont pas suffisamment suivis ou accompagnés et ne connaissent pas bien les produits qu'ils consomment.

Le besoin urgent de conseils professionnels et d'accompagnement par des experts en santé est nécessaire pour les sportifs. Les pharmaciens et autres professionnels de santé ont un rôle crucial à jouer pour assurer aux sportifs des informations fiables et appropriées, contribuant ainsi à leur performance et à leur santé globale.

Enfin de nombreux sportifs soulignent également le coût élevé des compléments alimentaires et des produits à base de protéines ce qui représente un vrai budget pour les sportifs, d'autant plus que la majorité d'entre eux consomment quotidiennement des protéines et dérivés. A noter que la prise quotidienne n'est pas forcément appropriée aux recommandations, tout dépend des objectifs du sportif, du sport pratiqué, du type de produit consommé...

Pour ma part, si je devais refaire un questionnaire de ce type, il serait préférable que les participants développent plus certains points. Par exemple lors des questions « Sentez-vous un réel bénéfice à consommer des protéines ? » ou bien « Pensez-vous que la nutrition ait un impact sur votre activité physique ? ». Pour les réponses « Oui », il serait utile d'inclure une section supplémentaire pour développer les réponses afin par exemple de quantifier et de comprendre quel type de bénéfice les protéines apportent aux sportifs interrogés.

En demandant aux participants de fournir des détails supplémentaires, nous pourrions obtenir des informations plus précises et utiles sur les effets perçus des protéines et de la nutrition en général sur leur performance sportive. Cela permettrait également de mieux comprendre les besoins et les attentes des sportifs en matière de conseils nutritionnels et de compléments alimentaires.

IV. RÔLE DU PHARMACIEN CHEZ LE SPORTIF, REGLEMENTATION ET LUTTE CONTRE LE DOPAGE

A. Rôle du pharmacien

Le pharmacien joue un rôle essentiel dans le système de santé. En tant qu'acteur de proximité, disponible et présent sur tout le territoire français, il rencontre quotidiennement de nombreux patients. Son rôle principal est d'assurer la sécurité et la bonne dispensation des médicaments, mais il conseille également des personnes non malades, notamment des sportifs amateurs et professionnels.

Afin de se démarquer d'internet, des influenceurs et autres « pseudos docteurs » le pharmacien a de nombreux atouts, il est expert des médicaments mais possède également des connaissances approfondies en physiologie et nutrition.

Le pharmacien doit promouvoir l'activité physique, bénéfique pour la santé de tous. En effet, l'activité physique régulière contribue à la prévention de nombreuses maladies chroniques telles que l'obésité, le diabète, les maladies cardiovasculaires et certains cancers. Elle améliore également la santé mentale, en réduisant le stress, l'anxiété et la dépression.

Le pharmacien d'officine peut aider les sportifs à différents niveaux.

Sur le plan nutritif, il peut prévenir certaines carences et optimiser les performances des sportifs en leur recommandant des suppléments nutritionnels adaptés à leurs objectifs.(33) Il peut par exemple conseiller des compléments en protéines pour la prise de masse musculaire, des acides aminés pour la récupération, des vitamines et minéraux pour éviter les carences, et des produits spécifiques pour l'endurance ou la performance.

Au niveau de la gestion des médicaments, il vérifie que les traitements médicaux pris par le patient sont compatibles avec la pratique sportive et évite les substances interdites présentes dans certains médicaments ; tout en informant les sportifs des risques liés à leur usage détourné. (59)

Les sportifs doivent en effet être vigilants quant à la composition des médicaments, compléments alimentaires ou autres substances qu'ils consomment, car certains peuvent contenir des substances dopantes interdites par les règlements sportifs. Le pharmacien joue donc un rôle de conseiller pour éviter les pièges et respecter l'éthique sportive.

Conformément à l'article 4235-2 du Code de la Santé Publique, « le pharmacien d'officine doit contribuer à l'information et à l'éducation du public en matière sanitaire et sociale. Il contribue notamment à la lutte contre [...] le dopage. ».(60) Il doit informer les sportifs des dangers et des conséquences du dopage, tant sur le plan de la santé que sur le plan éthique et légal. En sensibilisant les sportifs à ces risques, le pharmacien participe activement à la promotion d'une pratique sportive saine et équitable.

Comme les autres professionnels de santé, le pharmacien doit s'informer et se former sur le dopage.(61) En effet, bien que plus de la moitié des praticiens possèdent des connaissances sur ce sujet, une part significative des pharmaciens (35,2%) et des médecins généralistes (47,3%) reste encore peu informée sur le dopage.(62)

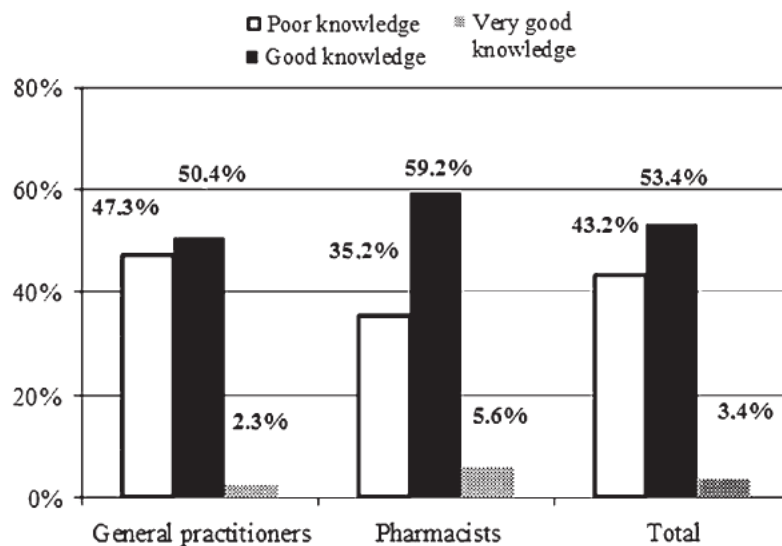


Figure 49 : Niveau de connaissances des médecins généralistes et des pharmaciens sur le dopage dans le sport (N=204, P=0,150)

De plus, le pharmacien a un rôle crucial dans la prévention et le traitement des blessures : il conseille des produits pour les soins avant et après une blessure, ainsi que pour la récupération et la reprise d'activité. Le pharmacien d'officine peut aussi fournir des conseils sur les bonnes pratiques sportives pour éviter les blessures, comme l'échauffement, les étirements, et l'importance de bien s'hydrater.

Enfin, le pharmacien d'officine est un partenaire précieux pour les sportifs, contribuant à optimiser leur santé, leur performance et leur bien-être général. Grâce à ses connaissances et à son expertise, il peut accompagner les sportifs à chaque étape de leur parcours, de la prévention à la récupération, en passant par la gestion des traitements et la lutte contre le dopage. Par son rôle de conseiller et d'éducateur, le pharmacien participe activement à la promotion de la santé publique, au bien-être et au suivi de la communauté sportive.(63)

B. Compléments alimentaires (CA)

Les compléments alimentaires sont définis comme « des denrées alimentaires visant à compléter un régime alimentaire normal. Ils constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique, seuls ou combinés.(64)

Ils sont commercialisés sous forme de doses telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons avec compte-gouttes, et d'autres formes de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en petites quantités. » Cette définition est établie par la Directive 2002/46/CE du Parlement européen, transposée dans le droit Français par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006.(65) Ces produits sont spécifiquement conçus pour compléter l'alimentation quotidienne, en apportant des éléments nutritifs lorsque les apports par le régime habituel sont insuffisants ou lorsque des besoins accrus se font sentir, par exemple dans certaines phases de la vie (grossesse, vieillissement, activité sportive intense, etc.). Toutefois, il est important de noter que les compléments alimentaires ne peuvent pas se substituer à une alimentation équilibrée. Ils sont dépourvus d'action pharmacologique, immunologique ou métabolique directe, ce qui signifie qu'ils ne peuvent revendiquer aucun effet thérapeutique, contrairement aux médicaments.

Leur rôle est essentiellement préventif ou d'accompagnement en vue d'améliorer le bien-être ou la santé globale.

Sur le marché, une large gamme de compléments alimentaires est disponible, incluant des vitamines, des minéraux, des acides aminés, des plantes ou des extraits de plantes, ainsi que des probiotiques, des acides gras essentiels, et d'autres ingrédients naturels ou synthétiques ayant un effet bénéfique potentiel sur l'organisme et ces produits répondent à des besoins spécifiques et variés (**Annexe 3**).

La consommation de compléments alimentaires connaît une croissance rapide, avec une popularité accrue auprès de certaines populations spécifiques, notamment les sportifs. Ces derniers sont en quête constante de solutions pour optimiser leurs performances physiques, leur récupération et leur endurance. Les sportifs utilisent souvent des compléments pour combler des carences nutritionnelles, augmenter la masse musculaire ou améliorer leur résistance à l'effort. Cependant, bien que ces produits puissent apporter un soutien précieux, leur utilisation nécessite une vigilance et un encadrement professionnel pour éviter les excès, les interactions avec d'autres substances, ou un usage inapproprié qui pourrait nuire à la santé à long terme.(27)

De ce fait, les compléments alimentaires doivent être utilisés avec discernement, en complément d'une alimentation équilibrée, variée et adaptée aux besoins spécifiques de chaque individu. Le rôle des professionnels de santé, et notamment des pharmaciens, est crucial pour informer, conseiller et accompagner les consommateurs dans leur choix et leur utilisation.

1. Réglementation

Contrairement aux médicaments, les compléments alimentaires n'ont pas besoin d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) pour être commercialisés. Une simple déclaration auprès de la DGCCRF est suffisante, cette dernière ayant pour rôle de vérifier la conformité de leur composition. Cela représente une approche moins rigoureuse que pour les médicaments, qui doivent subir des essais cliniques approfondis et obtenir l'approbation des agences de santé avant leur mise à disposition. En conséquence, les compléments alimentaires bénéficient d'une entrée sur le marché simplifiée, mais cela soulève également des questions concernant la sécurité et la qualité de certains produits disponibles.

D'un point de vue réglementaire, les suppléments nutritionnels pour sportifs sont classés en plusieurs catégories : la majorité sont des compléments alimentaires, tandis que d'autres relèvent de la réglementation des biens à la consommation courante.

Les compléments alimentaires sont, par définition, présentés sous forme de doses individuelles (gélules, comprimés, ampoules, sachets de poudre, etc.), ce qui exclut certains produits comme les pots de poudre de protéines, qui, bien qu'ils soient largement utilisés par les sportifs, ne sont pas considérés comme des compléments alimentaires. Ces derniers entrent plutôt dans la catégorie des produits alimentaires de biens courants.

Jusqu'en juillet 2016, les produits alimentaires spécifiques aux sportifs étaient régis par une réglementation propre, définie dans le cadre des textes relatifs aux « denrées alimentaires destinées à une alimentation particulière », plus précisément sous le statut d'aliments diététiques ; en vertu de la directive 2009/39/CE.(66) Ces denrées alimentaires destinées à une alimentation particulière devaient respecter les exigences en matière d'étiquetage fixées par la directive 2000/13/CE concernant l'étiquetage et la présentation des denrées alimentaires ainsi que la publicité faite à leur égard et l'information faites aux consommateurs. Aujourd'hui, avec la refonte au niveau européen de la réglementation sur les produits nutritionnels destinés aux sportifs, il n'y a pas législation spécifique pour les produits destinés aux sportifs. (67) En effet, les boissons pour sportifs et aliments de l'effort sont régis par la réglementation des biens à consommation courante et doivent satisfaire aux exigences applicables de certaines des dispositions horizontales de la législation alimentaire (allégations nutritionnelles et de santé, étiquetage, informations aux consommateurs...)(68)

La réglementation des compléments alimentaires n'est pas uniforme dans le monde et varie d'un pays à l'autre. Au sein de l'Union européenne, les compléments alimentaires sont régis par plusieurs directives et règlements, parmi lesquels la Directive 2002/46/CE qui établit les règles concernant les vitamines et minéraux autorisés dans les compléments alimentaires, ainsi que leurs teneurs maximales. Cette directive fixe les standards de sécurité pour protéger les consommateurs et garantir que les compléments mis sur le marché ne dépassent pas les apports journaliers recommandés pour les nutriments concernés.(69)

En parallèle, le Règlement 1924/2006 encadre les allégations nutritionnelles et de santé figurant sur les étiquettes des denrées alimentaires et des compléments alimentaires. Ce règlement vise à garantir que les allégations utilisées par les fabricants pour promouvoir leurs produits soient fondées sur des preuves scientifiques solides. Les entreprises ne peuvent pas revendiquer n'importe quel bénéfice pour la santé sans validation préalable. À ce jour, environ 4600 allégations sont autorisées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), une agence de régulation qui évalue la validité des preuves scientifiques présentées pour chaque allégation.(70) Par exemple, des allégations comme "contribue à la fonction normale du système immunitaire" ou "réduit la fatigue" sont autorisées sous certaines conditions pour des vitamines comme la vitamine C ou le magnésium, mais chaque allégation doit être clairement justifiée et approuvée par l'EFSA avant d'être utilisée dans la communication commerciale.(71)

Toutefois, le contrôle de la conformité des produits sur le marché reste un enjeu majeur, d'autant plus que les compléments alimentaires, notamment ceux destinés aux sportifs, sont souvent sujets à des variations dans leur composition, pouvant entraîner des risques potentiels.(3) Certains compléments mal formulés peuvent contenir des substances interdites ou des concentrations excessives d'ingrédients actifs, ce qui souligne l'importance d'une vigilance accrue de la part des consommateurs, ainsi que du rôle préventif des pharmaciens et des professionnels de santé dans leur utilisation.

2. *Types d'Allégations*

Les compléments alimentaires et aliments diététiques peuvent comporter des allégations nutritionnelles ou de santé, mais ne peuvent pas prétendre soigner des maladies.

Selon l'ANSES, « une allégation est un message, figurant sur certains emballages alimentaires ou accompagnant le produit (publicité, site internet), qui fait état des propriétés sanitaires et/ou nutritionnelles des aliments ou de leurs composants ».(72)

- Allégations Nutritionnelles Fonctionnelles : elles décrivent le rôle d'un composant sur une fonction physiologique, comme "le lait est une excellente source de calcium, contribuant à la formation des os et des dents saines".
- Allégations Nutritionnelles Quantitatives : elles indiquent les propriétés nutritionnelles particulières d'une denrée alimentaire de par l'énergie qu'elle apporte ou non, à un taux réduit ou accru, et/ou de par les nutriments qu'elle contient ou non, en proportion réduite ou accrue, par exemple "sans sucre ajouté".
- Allégations Relatives à la Santé : elles établissent un lien entre un nutriment ou l'alimentation et l'état de santé, comme "les omégas 3 réduisent les risques cardiovasculaires".(70)

En 2020, DGCCRF a conduit une enquête approfondie visant à vérifier la conformité des allégations nutritionnelles et de santé, affichées sur les compléments alimentaires vendus sur internet.(73)

Cette opération avait pour objectif de protéger les consommateurs en s'assurant que les informations fournies par les fabricants respectaient la réglementation en vigueur, notamment en ce qui concerne la transparence et la véracité des affirmations relatives aux bienfaits pour la santé.

Lors de cette enquête, 75 fabricants ont été soumis à un contrôle rigoureux. (71)

Les résultats ont révélé un taux d'anomalie inquiétant, atteignant 60 %. Ces anomalies se manifestaient principalement sous forme d'allégations de santé non autorisées par l'EFSA ou par l'absence de mentions obligatoires sur les emballages, telles que la liste complète des ingrédients, les dosages recommandés, ou les précautions d'emploi.

Face à ces manquements, la DGCCRF a pris des mesures correctives. Sur les 75 fabricants contrôlés, 13 ont reçu des avertissements pour non-conformité, 30 ont fait l'objet d'injonctions, les obligeant à rectifier les anomalies constatées dans un délai imparti, et 2 ont été sanctionnés par des procès-verbaux pour pratiques commerciales trompeuses.

Cette enquête met en lumière la nécessité de renforcer la vigilance autour des compléments alimentaires, un secteur en pleine expansion, afin de garantir la sécurité des consommateurs et le respect des normes établies.(71)

3. *Sécurité et Risques*

Les compléments alimentaires et les produits diététiques sont soumis à des obligations strictes en matière de sécurité, de loyauté, de conformité et d'information à destination des consommateurs. Cela signifie que, pour être commercialisés, ils doivent impérativement répondre à plusieurs critères : ils doivent être sans danger pour la santé humaine, respecter les normes en vigueur, et être accompagnés d'un étiquetage clair, précis et complet afin d'éviter toute tromperie ou confusion auprès des consommateurs. L'étiquetage doit notamment inclure la liste des ingrédients, les apports journaliers recommandés, les précautions d'emploi, ainsi que la date de péremption. De plus, toute allégation de santé ou nutritionnelle doit être justifiée et autorisée par les autorités compétentes, conformément aux réglementations en vigueur.

Cependant, malgré ces garanties théoriques, les compléments alimentaires ne sont pas sans risques et, comme les médicaments, ils peuvent entraîner des effets indésirables. La qualité des produits peut parfois être remise en question, car ils ne sont pas systématiquement contrôlés, ce qui peut entraîner des variations dans leur composition ou des contaminations

involontaires. Les principaux risques associés à ces produits incluent le surdosage, les interactions médicamenteuses et l'adultération (ajout de substances non autorisées ou contaminantes). (3,27,74,75)

Le surdosage peut survenir en raison d'une mauvaise compréhension des dosages recommandés, d'une consommation excessive de plusieurs produits en parallèle, ou de la présence de concentrations élevées de certains ingrédients actifs. De plus, l'interaction avec des médicaments peut augmenter ou diminuer l'effet de ces derniers, provoquant des réactions indésirables parfois graves. L'adultération, quant à elle, peut concerner l'ajout de substances interdites ou non déclarées, ce qui représente un danger pour la santé publique.

Il est également important de noter que, avec l'essor du commerce en ligne, des compléments alimentaires non conformes à la réglementation française sont parfois commercialisés via des sites internet étrangers, échappant ainsi au contrôle des autorités nationales. Ces produits peuvent contenir des substances dangereuses ou interdites, ou ne pas respecter les normes de sécurité en vigueur, ce qui augmente les risques pour les consommateurs. Ces achats en ligne exposent les sportifs et la population générale à des dangers non négligeables, d'autant plus que les produits peuvent ne pas contenir les ingrédients annoncés, ou en contenir à des doses bien supérieures ou inférieures aux recommandations.

À l'approche des Jeux Olympiques de Paris 2024, une attention particulière est portée sur les compléments alimentaires destinés aux sportifs. Récemment, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié un nouvel avis concernant les compléments alimentaires enrichis en protéines, acides aminés ou en extraits de plantes, très prisés dans le milieu sportif. L'agence met en garde contre leur utilisation, soulignant que certains de ces produits peuvent entraîner des effets indésirables graves. Entre 2006 et février 2024, l'ANSES a recensé 154 nouveaux cas d'effets indésirables liés à la consommation de ces compléments alimentaires, dont 128 ont été classés comme très graves. Parmi ces cas, deux décès et quatre situations mettant en jeu le pronostic vital ont été signalés. Ces incidents illustrent clairement les dangers potentiels associés à une consommation non contrôlée de compléments alimentaires, même lorsqu'ils sont destinés à améliorer la performance sportive.

Les effets indésirables observés comprennent des troubles cardiovasculaires tels que la tachycardie, les palpitations, et dans les cas les plus graves, des arrêts cardiaques. D'autres symptômes comme des malaises, des fatigues inexplicables, des fièvres, des vertiges, et des troubles digestifs ont également été signalés. Des incidents graves tels que des AVC ont été rapportés chez certains consommateurs, soulignant la gravité des risques encourus. Ces effets touchent non seulement les sportifs professionnels, mais aussi les amateurs qui peuvent être tentés par l'utilisation de ces produits pour améliorer leur performance physique.(3)

En outre, l'ANSES met en garde contre les dangers liés au dopage. Certains ingrédients présents dans les compléments alimentaires peuvent contenir des substances interdites, ce qui pourrait conduire à des contrôles antidopage positifs. Dans le cadre de compétitions internationales telles que les Jeux Olympiques, où les contrôles sont stricts, une simple contamination involontaire par un produit non conforme pourrait ruiner la carrière d'un athlète. Par conséquent, il est impératif que les sportifs vérifient scrupuleusement la composition des compléments qu'ils consomment et privilégient des produits certifiés sans risque de dopage.

Afin de limiter ces risques, l'ANSES formule plusieurs recommandations pour une utilisation plus sûre des compléments alimentaires, en particulier pour les sportifs. Il est recommandé d'éviter la consommation simultanée de plusieurs compléments alimentaires ou de les associer à des médicaments sans avis médical préalable. Il est également conseillé de consulter un professionnel de santé (médecin, pharmacien) avant toute utilisation de compléments alimentaires, surtout en cas de pratiques sportives intensives ou de conditions médicales préexistantes.

L'ANSES préconise aussi d'éviter les achats de compléments alimentaires sur internet, où les contrôles sont moins rigoureux et où il est plus facile de tomber sur des produits non conformes ou frauduleux. Enfin, il est essentiel de déclarer tout effet indésirable à la plateforme de nutrivigilance mise en place par les autorités sanitaires, afin de mieux surveiller les éventuels problèmes de sécurité liés à la consommation de ces produits.(27)

4. Conclusion

Les compléments alimentaires jouent un rôle important dans la nutrition moderne, offrant des solutions pour combler les déficits nutritionnels. Leur utilisation doit être encadrée par des conseils professionnels pour éviter les risques potentiels et garantir leur efficacité. L'ANSES rappelle que la prise de substances enrichies ou compléments alimentaires n'est pas anodine : le sportif prend des risques pour sa santé mais aussi lors des contrôles antidopage. La nutrivigilance contribue à surveiller et assurer la sécurité de ces produits, renforçant ainsi la confiance des consommateurs et la qualité des compléments alimentaires disponibles sur le marché.

C. Nutrivigilance

La nutrivigilance est un dispositif dans le domaine de la sécurité alimentaire et de la santé publique. Ce dispositif permet la surveillance et l'évaluation d'éventuels effets indésirables liés à la consommation :

- « De compléments alimentaires ;

- D'aliments ou de boissons enrichies en substances à but nutritionnel ou physiologique (vitamines, minéraux, acides aminés, extraits de plantes...) comme les boissons dites énergisantes ;
- De nouveaux aliments ou nouveaux ingrédients (phytostérols, gomme de guar, jus de noni...);
- Des produits destinés à l'alimentation des populations particulières (nourrissons, patients souffrant de troubles du métabolisme, de dénutrition, de dysphagie...) » ANSES, rapport d'activité 2022(76)

Ce processus est comparable à la pharmacovigilance des spécialités pharmaceutiques mise en place par l'ANSM.

La collecte des données est cruciale et peut provenir de différentes sources : professionnels de santé, consommateurs eux-mêmes, industries... qui peuvent remplir en ligne un formulaire de télédéclaration sur le site de l'ANSES (**Annexe 4**) ou bien directement sur le portail de signalement des événements sanitaires indésirables du Ministère des Affaires sociales et de la santé. Les déclarations sont enregistrées et étudiées à l'ANSES de façon anonyme, par une équipe de 14 personnes composés majoritairement de médecins et pharmaciens afin d'évaluer la sévérité de l'effet indésirable et la probabilité d'un lien entre la prise de la substance et la survenue de cet effet.(77,78)

Une évaluation scientifique est mise en place afin de voir si les effets indésirables peuvent être attribuables aux produits potentiellement mis en cause : on parle de la notion d'imputabilité.(78)

Si les risques sont bien identifiés et en lien avec le produit consommé, des mesures sont mises en place pouvant inclure des modifications de formulation, des avertissements, des modifications sur l'étiquetage, le retrait de certains lots voire même le retrait des produits du marché par la DGCCRF.

A noter que l'ANSES a mis en place le dispositif de nutriviigilance le 13 novembre 2009, et depuis plus de 7946 signalements d'effets indésirables ont été déclarés. Parmi eux plus de 95% impliquent des compléments alimentaires.

L'ANSES alerte par exemple sur les compléments alimentaires destinés au développement musculaire où à la diminution de la masse grasse. « Des effets potentiellement graves pour certains, majoritairement d'ordre cardiovasculaire (tachycardie, arythmie et accident vasculaire cérébral) et psychique (troubles anxieux et troubles de l'humeur), ont été observés. L'Agence déconseille donc l'usage de ces compléments alimentaires aux personnes présentant des facteurs de risque cardiovasculaire ou souffrant d'une cardiopathie ou d'une altération de la fonction rénale, hépatique ou encore de troubles neuropsychiatriques, aux enfants, adolescents et femmes enceintes ou allaitantes. L'ANSES déconseille également la consommation de compléments alimentaires contenant de la caféine avant et pendant une activité sportive, ainsi que la consommation concomitante de plusieurs compléments alimentaires ou leur association avec des médicaments. L'ANSES rappelle par ailleurs la

nécessité de prendre conseils auprès d'un professionnel de santé avant de consommer des compléments alimentaires. »(74)

La nutrivigilance est donc de plus en plus importante dans un contexte où la consommation de compléments alimentaires et de produits nutritionnels est en augmentation. Les consommateurs recherchent des produits pour améliorer leur santé et leur bien-être, mais ils doivent aussi être conscients des risques potentiels.

Ce processus joue un rôle crucial dans la surveillance et la promotion de la sécurité des produits nutritionnels. Il nécessite la collaboration de divers acteurs, y compris les autorités sanitaires, les fabricants, les professionnels de la santé dont les pharmaciens, et les consommateurs.

L'objectif étant de garantir que les produits consommés contribuent au bien-être et à la santé sans présenter de risques pour les consommateurs.

D. Dopage

Dans un monde où le niveau des athlètes est de plus en plus exigeant, tout sport et niveaux confondus, le sportif peut être prêt à tout pour améliorer ses performances, mais à quel prix ? Le dopage, un fléau persistant dans le sport pose des problèmes éthiques, sanitaires et légaux. La découverte de nouvelles substances et produits disponibles rend les contrôles antidopage de plus en plus difficiles et complexes. Pourtant simples sportifs amateurs ou professionnels, tous peuvent être contrôlés.(79)

Le dopage est défini « comme une ou plusieurs violations des règles antidopage » énoncées aux articles 2.1 à 2.8 du Code du Sport commise par le sportif lui-même ou son entourage sportif (entraîneur, famille, médecin d'équipe, diététicien...) dans un but d'augmenter artificiellement les performances sportives de l'individu.(80)

- La présence, l'usage, le trafic, la possession ou l'administration d'une substance ou d'une méthode interdite
- Le refus de se soustraire sans justification valable à un prélèvement d'échantillon
- La violation des exigences de la disponibilité des sportifs
- La falsification ou tentative de falsification de tout élément du processus de prélèvement ou d'analyse des échantillons.

On parle de conduite dopante « lorsque, à des fins de performances ou simplement pour surmonter un obstacle réel ou supposé, une personne a recours à un produit tel qu'un médicament, un complément alimentaire ou encore une substance stupéfiante illégale. »

Rappelons que tout sportif peut être au cours de sa carrière contrôlé. "Tout sportif licencié ou non, participant à une compétition, organisée ou autorisée par une fédération ou encore à un entraînement préparant une compétition peut être contrôlé." Ministère des Sports(81)

Les motivations derrière le dopage sont nombreuses : pression élevée de la part des entraîneurs, attentes de performances, accès facile aux substances dopantes, manques de connaissances sur les risques associés, enjeux économiques liés aux victoires et palmarès...

La liste des substances et méthodes interdites en permanence, en compétition ou dans certains sports est établie chaque année par l'AMA (Agence Mondiale Antidopage). Elle est applicable au niveau national et le sportif doit en avoir connaissance sous peine de sanctions disciplinaires.(82)

En 2024, la liste interdit en permanence les substances suivantes :

- S0 substances non approuvées : par exemple des médicaments en cours de développement, encore en essais cliniques ou précliniques et donc sans AMM,
- S1 les agents anabolisants
- S2 les hormones peptidiques (EPO) et facteurs de croissances (HGH) et substances apparentées,
- S3 les bêta-2 agonistes,
- S4 les modulateurs hormonaux (anti-œstrogènes) et métaboliques (insulines),
- S5 diurétiques et agents masquants.

Des méthodes dopantes sont aussi listées car interdites en permanence :

- M1 manipulation de sang ou d'agents sanguins,
- M2 manipulation chimique ou physique (tentative de falsification des prélèvements)
- M3 dopage génétique et cellulaire.

Les stimulants S6 (amphétamines), les narcotiques S7 (opioïdes), les cannabinoïdes S8 et les glucocorticoïdes S9 sont des substances interdites que lors de compétitions sportives.

Les bêta-bloquants P1 sont eux interdits que dans certains sports tels que les sports de tir, de précision d'après la liste AMA (traduire) publiée en 2024.

Bien que le dopage soit une pratique connue, il faut se méfier du dopage accidentel ou involontaire qui pourrait nuire au sportif sans qu'il le sache. Il s'agit le plus souvent de prise de médicaments sans ordonnances, dits « en vente libre » où le sportif lui-même s'automédique et s'il ne connaît pas la composition exacte du produit, il y a un risque que le produit contienne des substances interdites.

Il faut faire attention aux médicaments mais aussi aux compléments alimentaires qui peuvent également contenir des molécules interdites.(33)

Le dopage présente des risques pour la santé des sportifs, notamment des problèmes rénaux, hépatiques et cardiaques, ainsi que des déséquilibres nutritionnels. Il pose également un

problème pour la société, en transmettant le message qu'une performance ne peut être atteinte que par la tricherie.

Le pharmacien, en tant qu'acteur de santé de proximité, joue un rôle essentiel dans la prévention et la lutte contre le dopage, grâce à sa disponibilité sur tout le territoire et son contact direct avec les patients. Il est souvent l'un des premiers interlocuteurs des sportifs, qu'ils soient amateurs ou professionnels, ce qui lui permet de repérer ceux susceptibles de recourir à des suppléments ou médicaments, et d'intervenir de manière préventive. Le pharmacien se retrouve ainsi en première ligne pour sensibiliser, conseiller et prévenir les dérives liées à l'usage de substances dopantes.(83,84)

À l'officine, plusieurs outils concrets peuvent être mis en place pour accompagner les sportifs et les aider à éviter les substances interdites. Un des outils majeurs mis à disposition par l'Agence Française de Lutte contre le Dopage (AFLD) est un moteur de recherche en ligne (<https://medicaments.afld.fr/>).

Accessible tant aux pharmaciens qu'aux patients, il permet de vérifier rapidement si un médicament ou une substance, via son nom commercial ou sa DCI (Dénomination Commune Internationale), contient des composants dopants. Cet outil se révèle être d'une grande aide pour les professionnels de santé qui, en quelques clics, peuvent garantir que les produits conseillés ou prescrits respectent la réglementation antidopage en vigueur.

En complément, une application mobile gratuite appelée SCAN PROTECT est disponible sur l'App Store. Cet outil, conçu pour faciliter l'identification des substances dopantes, permet de scanner le code-barres des médicaments, des compléments alimentaires ou des produits diététiques. L'application vérifie instantanément le statut du produit en question en se basant sur une base de données régulièrement mise à jour, garantissant ainsi une information fiable et actualisée. Cette solution pratique et facile d'utilisation offre aux pharmaciens et aux patients la possibilité d'être proactifs dans la prévention du dopage.

Par ailleurs, le CESPARM (Comité d'Éducation Sanitaire et Sociale de la Pharmacie Française) met à disposition des supports de communication, tels que des affiches, des flyers et des étiquettes, pour sensibiliser le grand public et les professionnels de santé à la question du dopage (**Annexe 5**). Ces outils visent à éduquer les patients, en particulier les sportifs, sur les risques liés à l'utilisation de certaines substances, et à leur rappeler l'importance de vérifier systématiquement la composition des produits qu'ils consomment.

Face à l'absence d'une réglementation européenne harmonisée sur les compléments alimentaires pour sportifs, un collectif de 18 pays européens a travaillé à l'élaboration de la norme AFNOR NF EN 17444, qui remplace l'ancienne norme française NF V 94-001. (85) Cette norme vise à limiter les risques de contamination par des substances dopantes dans les produits alimentaires et compléments destinés aux sportifs. Lorsqu'un produit respecte cette norme, cela est généralement mentionné sur son emballage, ce qui permet au consommateur de mieux identifier les compléments alimentaires dépourvus de substances interdites. Cette initiative représente une avancée significative vers la sécurisation de la nutrition sportive.(86)

Cependant, il est important de souligner que cette norme est auto-déclarative, ce qui signifie que les industriels eux-mêmes choisissent de mentionner cette certification sur leurs produits.

Aucun contrôle obligatoire par un organisme tiers n'est requis, ce qui peut laisser place à des écarts ou des abus. Malgré tout, cette norme reste un outil utile pour guider les sportifs vers des produits plus sûrs.

En parallèle, une liste non exhaustive mais régulièrement mise à jour de produits pour sportifs sans substances dopantes est également disponible en ligne. Cette liste, élaborée par des sociétés savantes ou associations comme la Société Française de Nutrition du Sport (SFNS) et l'Association Médicale de Prévention du Dopage (AMPD), permet aux sportifs de se repérer dans la jungle des compléments alimentaires. Elle offre une garantie supplémentaire quant à l'absence de substances interdites dans les produits qui y sont référencés.

Toutefois, il est primordial de rappeler que, selon les règles strictes en vigueur, le sportif reste seul responsable des substances qu'il consomme. En cas de contrôle positif à une substance interdite, même si elle a été ingérée de manière involontaire ou non intentionnelle, le sportif sera sanctionné. Il est donc essentiel qu'il se montre vigilant quant à ses choix de produits, qu'ils soient médicaux ou nutritionnels. Pour minimiser les risques, il est recommandé aux athlètes de connaître l'existence de ces outils et de vérifier régulièrement la mise à jour des listes de substances interdites, qui sont actualisées chaque année. Cette vigilance est cruciale, surtout dans un contexte de compétition, où une erreur peut avoir des conséquences irréversibles sur la carrière sportive.(87)

Enfin, si l'état de santé d'un sportif nécessite l'usage d'un médicament contenant une substance interdite, il existe une procédure appelée Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques (AUT)(88). Cette dérogation permet au sportif de prendre un traitement médical spécifique tout en restant conforme aux règles antidopage, à condition d'avoir suivi le processus administratif adéquat. Cela souligne encore une fois l'importance pour les sportifs d'être bien informés et encadrés par des professionnels de santé, tels que les pharmaciens, afin de naviguer en toute sécurité dans l'univers complexe des produits médicaux et nutritionnels.

CONCLUSION

La nutrition joue un rôle fondamental dans l'optimisation de la performance sportive et dans la prévention des blessures. Dans cette thèse, nous avons rappelé en détail les besoins nutritionnels spécifiques des sportifs, en mettant l'accent sur les macronutriments tels que les glucides, les lipides, et les protéines, ainsi que sur l'intérêt de la supplémentation nutritionnelle, en particulier la supplémentation protéique. Chaque nutriment a une fonction clé dans la physiologie et la performance du sportif, qu'il s'agisse de fournir de l'énergie, de soutenir la récupération ou de renforcer les capacités d'endurance et de force musculaire.

La thèse a également mis en lumière les pratiques réelles de consommations retrouvées chez les sportifs. En fonction des sports étudiés, les motivations de consommation des suppléments protéinés sont nombreuses et variables. Toutefois, l'utilisation des suppléments doit être encadrée de manière rigoureuse, notamment pour éviter les risques liés à la surconsommation et aux produits de qualité médiocre. La supplémentation en protéines, par exemple, bien qu'essentielle dans certaines circonstances, doit être adaptée aux besoins spécifiques de chaque athlète afin d'éviter les risques pour la santé, tels que les troubles rénaux ou digestifs.

En parallèle, nous avons rappelé le rôle du pharmacien d'officine dans l'encadrement nutritionnel des sportifs. En tant que professionnel de santé de proximité, le pharmacien joue un rôle clé dans le conseil, la prévention des dérives dopantes, et la sensibilisation aux risques associés à certains suppléments. Son expertise permet d'orienter les sportifs vers des choix plus éclairés et de veiller au respect des réglementations en vigueur, notamment en matière de lutte contre le dopage.

Enfin, l'impact des réglementations nationales et internationales sur l'utilisation des suppléments nutritionnels a été abordé, en mettant en avant l'importance de sensibiliser les sportifs aux substances interdites et aux pratiques dopantes. Le respect de ces réglementations est crucial pour maintenir l'intégrité du sport et protéger la santé des athlètes.

En conclusion, cette thèse a permis de montrer que la nutrition sportive, bien qu'essentielle pour la performance, doit être abordée de manière holistique, en prenant en compte non seulement les besoins physiologiques des sportifs, mais aussi les risques associés à une mauvaise gestion des apports nutritionnels. Le pharmacien d'officine, en tant qu'acteur de santé publique, a un rôle primordial à jouer dans la sensibilisation et l'encadrement des pratiques alimentaires et de supplémentation des sportifs. Une collaboration étroite entre les professionnels de santé et les athlètes est essentielle pour garantir une approche saine et éthique de la nutrition dans le sport.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire proposé aux sportifs pour l'étude de la consommation en suppléments nutritionnels

Bonjour à tous et à toutes,

Je suis Justine Boissonnet, étudiante en 6^{ème} année de pharmacie à Toulouse en filière officine. Dans le cadre de ma thèse portant sur « la nutrition chez le sportif et la prise de protéines chez celui-ci » j'ai réalisé ce questionnaire destiné aux **sportifs** (toute catégorie confondue : professionnels, amateurs et même sportifs du dimanche).

L'objectif de ce questionnaire est d'évaluer la prise de protéines, acides aminés ou dérivés de type BCAA, créatine, whey... chez le sportif, et l'encadrement possible du sportif par le pharmacien d'officine.

Ce questionnaire est anonyme et rapide à remplir (environ 5 minutes).

Vos réponses resteront confidentielles et pourraient permettre d'améliorer les pratiques professionnelles dans le domaine de la pharmacie et du sport.

Je vous remercie d'avance pour votre participation et le temps que vous y consacrerez.

Sexe :

- Masculin
- Féminin

Autre...

Quel âge avez-vous ?

- Moins de 18 ans
- Entre 18 à 24 ans
- Entre 25 et 34 ans
- Entre 35 à 44 ans
- Entre 45 et 54 ans
- Plus de 55 ans

Quel sport pratiquez-vous ?

.....

A quelle fréquence pratiquez-vous ?

- Moins de 2 pratiques sportives par semaine
- Environ 2 pratiques sportives par semaine
- De 3 à 5 pratiques sportives par semaine
- Plus de 5 par semaine

Etes-vous sportif de haut niveau ?

- Oui
- Non

Pensez-vous que la nutrition ait un impact sur votre pratique sportive ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Avez-vous déjà pris des produits ou suppléments nutritifs à base de protéines (acides aminés, protéines, BCAA, créatine, whey...) dans la cadre de votre pratique sportive ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

Si oui, pour quelles raisons ?

- Pour améliorer mes performances
- Pour prendre de la force, de la puissance
- Pour avoir une meilleure récupération
- Pour prendre du poids, de la masse
- Sur les conseils de mon entourage (famille, entraîneurs, amis...)
- Sur les conseils d'un professionnel de santé
- Autres :

Si oui, à quelle fréquence en prenez-vous ? ...

Si oui, quels sont les noms des produits et nom de marque (inscrit sur les boites) que vous consommez ?

Sentez-vous un réel bénéfice à consommer ces produits ?

- Oui
- Pas vraiment
- Aucun
- Ne sait pas

Où vous procurez vous ces produits ?

- Magasins de sport
- Internet
- Salles de sport
- Pharmacies

Grandes surfaces, supermarchés...

Pour vous, il y a-t-il des risques à consommer ces types de produits protéinés ?

Aucun risque

Oui

Ne sait pas

Si oui, lesquels sont-ils ?

Prenez-vous d'autres compléments nutritionnels en plus des produits à bases de protéines ?

Si oui, que prenez-vous ?

Pensez-vous que votre pharmacien a un rôle à jouer dans la prise de substances nutritives chez le sportif ?

Oui

Non

Ne sait pas

Vous sportifs, aimeriez-vous être plus encadrés et suivis par un professionnel de santé lors de la consommation de produits protéinés (quantité, type de produits, risques, réglementation, dopage...) ?

Oui

Non

Ne sait pas

Pour ceux qui le souhaitent, vous pouvez me parler ici de votre expérience personnelle, me soumettre vos suggestions ou remarques :

Annexe 2 : Affiche avec QR code pour répondre au questionnaire proposé aux sportifs pour l'étude de la consommation en suppléments nutritionnels

Sportifs,
(Professionnels, Amateurs, Occasionnels ou Du dimanche)

Dans le cadre de ma thèse, je réalise un questionnaire afin d'évaluer la prise de substances protéinées chez le sportif et l'accompagnement possible de celui-ci par les pharmaciens d'officine.



Vous pouvez m'aider en remplissant ce rapide sondage (moins de 5 minutes)
Je vous remercie d'avance pour votre participation



SCANNEZ MOI !!

Justine Boissonnet

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc1VB_vw2v2auxQaQy6IRe0bDKL_uoXuBGualMyc-bXLPvTww/viewform

Annexe 3 : Tableaux récapitulatifs pour aider les sportifs qui consomment des compléments alimentaires (87)


Groupe A	Recommandés dans certaines situations.	
Fournis aux athlètes de l'AIS pour leur efficacité prouvée.	Exemples	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Boisson énergétique ■ Gel énergétique ■ Confiserie énergétique ■ Repas liquide ■ Protéines de petit-lait ■ Barre énergétique ■ Complément de calcium ■ Complément de fer 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Probiotiques pour protéger la flore intestinale ■ Multivitamines/minéraux ■ Vitamine D ■ Remplacement des électrolytes ■ Caféine ■ Créatine ■ Bicarbonate
Groupe B	Doivent faire l'objet de recherches supplémentaires pour identifier les situations spécifiques et les protocoles d'utilisation.	
Fournis aux athlètes de l'AIS avec un protocole de recherche.	Exemples	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-alanine ■ Jus de betterave ■ Antioxydants C et E ■ Carnitine 	<ul style="list-style-type: none"> ■ HMB ■ Huiles de poisson ■ Quercétine
Groupe C	N'ont démontré aucun effet bénéfique.	
Non fournis aux athlètes de l'AIS dans le cadre de programmes AIS.	Les athlètes qui souhaitent utiliser ces produits le font après en avoir eux-mêmes apprécié les risques, y compris celui de la contamination. Ils doivent en informer un des médecins du sport de l'AIS.	
	Exemples	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ribose ■ Lact Away ■ Coenzyme Q₁₀ ■ Compléments vitaminés en dehors des protocoles du groupe A ■ Eaux oxygénées ■ Glucosamine 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Picolinate de chrome ■ Ginseng ■ Autres herbes (cordyceps, <i>Rhodiola Rosea</i>) ■ ZMA ■ Inosine ■ Pyruvate
	Le reste : si vous ne l'avez pas trouvé ailleurs, il doit probablement figurer dans cette liste.	
Groupe D	Interdits ou présentant un risque élevé de contamination.	
Ne devraient pas être utilisés par des athlètes de l'AIS.	Exemples	
	Stimulants : <ul style="list-style-type: none"> ■ Éphédrine ■ Strychnine ■ Sibutramine ■ Méthylhexanamine 	Prohormones ou stimulateurs hormonaux : <ul style="list-style-type: none"> ■ DHEA ■ Androstènedione ■ 19-norandrostènedione/ol ■ <i>Tribulus terrestris</i> et autres stimulateurs de la testostérone
	Glycérol : les protocoles d'hyperhydratation incluant le glycérol sont considérés comme des succédanés de plasma et ont été ajoutés à la liste des produits interdits par l'AMA.	

Annexe 4 : Formulaire de déclaration de nutrivigilance (77)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Déclaration à envoyer à :
nutrivigilance@anses.fr
 ou par courrier à :
 Anses – Nutrivigilance
 14, rue Pierre et Marie Curie
 94701 MAISONS-ALFORT Cedex

Dispositif de nutrivigilance
 Déclaration d'effets indésirables
 susceptibles d'être liés à la consommation
 de **compléments alimentaires**
 ou de **certains produits alimentaires**¹
Art. L. 1313-1 et R. 1323-1 à -8 du Code de la santé publique


anses
agence nationale de sécurité sanitaire
 alimentation, environnement, travail
Connaître, évaluer, protéger

© Anses déc. 2020

¹ Nouveaux aliments, aliments qui font l'objet d'adjonction de substances à but nutritionnel ou physiologique, denrées alimentaires destinées à une alimentation particulière

A - Déclarant (Les coordonnées du déclarant sont requises pour permettre, si nécessaire, de compléter l'information) * Champs obligatoires

Profession Médecin Pharmacien Fabricant Particulier Autre Si autre, précisez

Nom * ou cachet du déclarant

E-mail *

Adresse

Code postal

Ville

Téléphone *

B - Données relatives au consommateur * Champs obligatoires

Nom * (2 premières lettres) Prénom (première lettre) Age OU Année de naissance

Sexe Homme Femme Grossesse en cours Oui Non Ne sais pas

Poids en kg Taille en cm Profession

Antécédents du consommateur Oui Non Ne sais pas

Si oui, précisez lesquels (description des facteurs/antécédents ayant pu favoriser l'effet indésirable)

C - Produits alimentaires suspectés * Champs obligatoires

	Produit 1		Produit 2		Produit 3	
Nom commercial *						
Fabricant						
N° de lot						
Motif de la consommation						
Dose de consommation						
Lieu d'achat	<input type="radio"/> Pharmacie <input type="radio"/> Internet	<input type="radio"/> Autre <input type="radio"/> Non connu	<input type="radio"/> Pharmacie <input type="radio"/> Internet	<input type="radio"/> Autre <input type="radio"/> Non connu	<input type="radio"/> Pharmacie <input type="radio"/> Internet	<input type="radio"/> Autre <input type="radio"/> Non connu
Autre : précisez						

	Produit 1	Produit 2	Produit 3
Date du début de la consommation			
Arrêt du produit	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas
Si arrêt du produit, précisez :			
Date de fin de la consommation			
Disparition/régression des effets à l'arrêt	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas
Reprise de la consommation du produit	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas
Si oui, l'effet indésirable est-il réapparu ?	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non <input type="radio"/> Ne sais pas

D - Description des effets indésirables * Champs obligatoires

Date d'apparition des premiers effets indésirables Décal d'apparition (en heures, jours, semaines)

Description des symptômes* (si le cadre n'est pas assez grand, il est possible d'envoyer un document plus long)

Examens réalisés* (il est possible de joindre à la déclaration des résultats d'analyses ou des comptes rendus médicaux anonymisés)

Prise en charge médicale Aucune Médecin Urgences Hospitalisation Mise en œuvre du traitement Oui Non Ne sais pas **Si oui, lequel ?**

Evolution Guérison générale Guérison en cours Pas de guérison Aggravation de l'état

Précisez la chronologie de l'évolution

E - Consommations associées (important pour juger de l'imputabilité du produit alimentaire dans l'apparition de l'effet indésirable)

Prise de produits associés dont médicaments ? Oui Non Ne sais pas

Si oui, précisez lesquels, ainsi que la posologie et la chronologie de prise

Alcool Oui Non Ne sais pas Quantité et Fréquence

Tabac Oui Non Ne sais pas Quantité et Fréquence

Café Oui Non Ne sais pas Quantité et Fréquence

Cannabis Oui Non Ne sais pas Quantité et Fréquence

Autres produits associés (thés, tisanes, cosmétiques, autres substances ou produits) Oui Non Ne sais pas Nature, quantité et fréquence

F - Commentaires éventuels

Autres informations et commentaires

Merci pour votre déclaration.

Conformément aux dispositions du Règlement (UE) 2016/679 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD) et de la loi « Informatique et Libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de limitation et dans certains cas d'effacement relatif aux informations qui vous concernent (en vous adressant à nutrigigance@anses.fr). Vous pouvez également, pour des motifs légitimes, vous opposer au traitement des données vous concernant. Si vous estimez, après nous avoir contacté, que vos droits « Informatique et Libertés » ne sont pas respectés, vous pouvez adresser une réclamation à la CNIL.

Annexe 5 : Affiches du CESPHEM pour les sportifs, compléments alimentaires et risque de dopage accidentel (89)

SPORTIFS, PRÉSENTEZ-VOUS !

LES SPORTIFS SONT RESPONSABLES DE LEURS CONSOMMATIONS EN CAS DE CONTRÔLE (CODE MONDIAL ANTIDOPAGE).

- Vous devez donc vous assurer que les médicaments et/ou les compléments alimentaires que vous prenez ne comportent pas de substance interdite.
- Faites-vous connaître comme sportif auprès de votre pharmacien afin qu'il puisse vous apporter des conseils adaptés quant à la prise de médicaments et/ou de compléments alimentaires.

POUR EN SAVOIR PLUS

PROGRAMME NATIONAL NUTRITION SANTÉ : <https://www.mangerbouger.fr/pnns>

AGENCE FRANÇAISE DE LUTTE CONTRE LE DOPAGE : www.aafd.fr/

ANTENNES MÉDICALES DE PRÉVENTION DU DOPAGE (AMPD) : www.ampd.fr

COMITÉ NATIONAL OLYMPIQUE ET SPORTIF FRANÇAIS : <https://cnosf.franceolympique.com/cnosf/>



NORME NF EN 17444

La norme NF EN 17444 a été publiée en 2021 pour permettre aux sportifs de connaître les compléments ou les denrées alimentaires dont le processus de fabrication vise à éliminer la présence de substances dopantes.

En adoptant cette norme, les fabricants s'engagent à garantir la mise en place d'un certain nombre de procédés visant à éliminer ce risque.

La mention NF EN 17444 sur l'emballage des produits permet d'identifier facilement les compléments alimentaires ou denrées alimentaires offrant une meilleure garantie de l'absence de substances dopantes.

Image : www.istockphoto.com/istockphoto.com



Soutenu par
MINISTÈRE CHARGÉ DES SPORTS
 Égalité
 Territoires
 Renouveau

ANAM PrédG
 ANAVALISATION ET PRÉVENTION DU DOPAGE
CespheM
 ÉDUCATION ET PRÉVENTION POUR LA SANTÉ

Soutenu par
MINISTÈRE CHARGÉ DES SPORTS
 Égalité
 Territoires
 Renouveau

ANAM PrédG
 ANAVALISATION ET PRÉVENTION DU DOPAGE
CespheM
 ÉDUCATION ET PRÉVENTION POUR LA SANTÉ

BESOINS NUTRITIONNELS DU SPORTIF

LA NUTRITION EST UN ÉLÉMENT ESSENTIEL DE LA RÉUSSITE SPORTIVE.



- L'alimentation doit être équilibrée et variée. Dans la majorité des cas, une alimentation équilibrée et variée par les aliments courants permet d'apporter l'essentiel des nutriments nécessaires pour couvrir les besoins d'un sportif en bonne santé.
- Dans certaines situations particulières (pratique de certains sports, dépense énergétique très importante, environnements climatiques extrêmes...), un apport supplémentaire en vitamines, minéraux et autres nutriments par des compléments alimentaires peut être utile.

Dans ce cas, il est important de s'adresser à un professionnel de santé spécialisé en nutrition du sportif qui évaluera les besoins nutritionnels et proposera un conseil adapté.



QU'EST-CE QU'UN COMPLÉMENT ALIMENTAIRE ?

Les compléments alimentaires sont définis comme des denrées alimentaires dont le but est de compléter un régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments (minéraux et/ou vitamines) ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique. Ils peuvent contenir des plantes ou extraits de plantes.

Ils se présentent sous la forme de comprimés, gélules, pastilles, sachets de poudre, ampoules...

Les compléments alimentaires autorisés en France doivent porter sur l'emballage la mention « complément alimentaire », le nom des nutriments ou substances qu'ils contiennent et la dose journalière recommandée.

USAGE DE COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES : QUELS RISQUES ?

Si l'usage de compléments alimentaires est justifié dans certaines situations, leur consommation peut également présenter des risques :



RISQUE POUR LA SANTÉ

En cas de consommation inadaptée ou trop importante, d'association avec d'autres compléments alimentaires ou avec certains médicaments.

- Demandez conseil à votre pharmacien ou votre médecin pour toute prise de compléments alimentaires et/ou de médicaments.

En cas de contamination du complément alimentaire par des substances nocives.

- Vérifier que les compléments alimentaires sont autorisés en France.



RISQUE DE DOPAGE ACCIDENTEL

Lié à la présence de substances dopantes pouvant conduire à un contrôle antidopage positif et des sanctions même chez un sportif de bonne foi.

- N'achetez pas de compléments alimentaires sur Internet sans garanties du fabricant.
- Privilégiez les compléments alimentaires bénéficiant de la norme européenne NF EN 17444 offrant une meilleure garantie de l'absence de substances dopantes.

EN PRATIQUE

- ✓ Prenez conseil auprès d'un professionnel de santé pour vos besoins nutritionnels.
- ✓ N'achetez pas de compléments alimentaires non autorisés en France ou sur internet sans garanties du fabricant. Privilégiez les compléments alimentaires bénéficiant de la norme européenne NF EN 17444.
- ✓ Évitez les prises prolongées, répétées ou multiples au cours de l'année de compléments alimentaires sans vous entourer des conseils d'un professionnel de santé.
- ✓ Signalez à votre pharmacien ou votre médecin tout effet indésirable survenant suite à la consommation d'un complément alimentaire.
- ✓ Ne vous laissez pas enfermer dans une pratique sportive qui vous isole de vos proches.

DEMANDEZ CONSEIL À VOTRE PHARMACIEN OU VOTRE MÉDECIN POUR TOUTE PRISE DE COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES ET/OU DE MÉDICAMENTS

BIBLIOGRAPHIE

1. Marroun I, Sené T, Quevauvilliers J - Dictionnaire médical de poche (3e édition) Issy-les-Moulineaux - Elsevier Masson; 2018.
2. Lorphelin M, Laborie L. En pleine forme- Vanves- Marabout; 2023.
3. ANSES - Compléments alimentaires et aliments enrichis pour sportifs : des consommations à risque. 2024 Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/complements-alimentaires-aliments-enrichis-sportifs>
4. Poulain D - L'essentiel sur l'alimentation du sportif (2e édition) Nantes - Éditions de la Librairie Garancière; 2023.
5. ANSES - Avis et Rapports de l'ANSES sur l'actualisation des repères du PNNS. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>
6. VIDAL - Les glucides dans l'alimentation du sportif. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/glucides-alimentation-sportif.html>
7. Bigard AX, Guezennec CY- Nutrition du sportif - Elsevier Health Sciences; 2017. 302 p.
8. VIDAL - Les glucides pendant l'épreuve sportive. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/glucides-alimentation-sportif/pendant-epreuve.html>
9. VIDAL - Les glucides après l'épreuve sportive. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/glucides-alimentation-sportif/apres-epreuve.html>
10. VIDAL - Les lipides et protéines dans l'alimentation du sportif. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/lipides-proteines-alimentation-sportifs.html>
11. Cerin E - Cerin - Nutrition du sportif : avis de sociétés savantes. 2016 Disponible sur : <https://www.cerin.org/articles/nutrition-du-sportif-avis-de-societes-savantes/>
12. ANSES - Les protéines. 2013 - Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines>
13. AFSSA - Consommation en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations.pdf 2007
14. VIDAL - Protéines et sports. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/lipides-proteines-alimentation-sportifs/apports.html>
15. Cerin - Symposium-besoin-sportif-12-6-13.pdf Disponible sur : <https://www.cerin.org/wp-content/uploads/2017/01/symposium-besoin-sportif-12-6-13.pdf>

16. Cerin E- Cerin. 2014 Besoin en protéines des sportifs (aspects quantitatif et qualitatif). Disponible sur : <https://www.cerin.org/articles/besoin-en-proteines-des-sportifs-aspects-quantitatif-et-qualitatif/>
17. VIDAL - Les suppléments de protéines et d'acides aminés pour sportifs. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/supplements-nutritionnels-sportif/proteines-acides-amines.html>
18. Cerin - Sport et alimentation durable. Disponible sur : <https://www.cerin.org/breves-scientifiques/sport-et-alimentation-durable/>
19. VIDAL - Les sels minéraux utilisés par les sportifs. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/supplements-nutritionnels-sportif/sels-mineraux.html>
20. Martinez C -Le sportif à l'officine : quelle place pour le pharmacien dans le conseil nutritionnel et l'utilisation des compléments alimentaires?
21. Nicolas Aubineau - 2018 Éclairage sur le métabolisme énergétique et l'importance de l'alimentation. Disponible sur : <https://www.nicolas-aubineau.com/metabolisme-energetique/>
22. Athlétic Cœur de Fond - Le métabolisme énergétique du coureur à pied Disponible sur : <http://coeurdefond.fr/2018/05/28/le-metabolisme-energetique-du-coureur-a-pied/>
23. Organisation schématique de la b-oxydation mitochondriale des acides. Disponible sur : https://www.researchgate.net/figure/Organisation-schematique-de-la-b-oxydation-mitochondriale-des-acides-gras-Les-acides_fig1_336644939
24. Organisation schématique de la b-oxydation mitochondriale Disponible sur : https://www.researchgate.net/figure/Organisation-schematique-de-la-b-oxydation-mitochondriale-des-acides-gras-Les-acides_fig1_336644939
25. ENSM - Physiologie de l'effort - Disponible sur : <https://roadtoembrun.com/wp-content/uploads/2019/01/theme-5-physiologie-de-leffort.pdf>
26. VIDAL - Les suppléments nutritionnels pour les sportifs. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/supplements-nutritionnels-sportif.html>
27. ANSES - Les compléments alimentaires, nécessité d'une consommation éclairée. 2019 Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/les-compl%C3%A9ments-alimentaires-n%C3%A9cessit%C3%A9-dune-consommation-%C3%A9clair%C3%A9e>
28. VIDAL - Les autres suppléments nutritionnels des sportifs. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/supplements-nutritionnels-sportif/autres-supplements.html>
29. Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères - Les antioxydants favorisent la croissance des cellules tumorales des cancers du foie. Disponible sur : <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-scientifique-et-universitaire/veille-scientifique-et-technologique/hong-kong/article/les-antioxydants-favorisent-la-croissance-des-cellules-tumorales-des-cancers-du>

30. VIDAL - Les produits stimulants utilisés par les sportifs. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/supplements-nutritionnels-sportif/produits-stimulants.html>
31. VIDAL [- Ginseng, Phytothérapie. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/ginseng.html>
32. Ginsénosides _Nutrixeal Info. Disponible sur : <https://nutrixeal-info.fr/index/ginsenosides/>
33. Le Moniteur des pharmacie.fr -Nutrition sportive à l'officine : muscler votre expertise - Porphyre n° 612 du 01/07/2024 - Revues. Disponible sur : <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/porphyre/article/n-612-613/nutrition-sportive-a-l-officine-muscler-votre-expertise.html>
34. C'est quoi la whey protéine ? Quand et comment la consommer ? Disponible sur : <https://conseilssport.decathlon.fr/cest-quoi-la-whey-proteine>
35. Delavier F, Gundill M - Guide des compléments alimentaires pour sportifs (3e édition) Paris : Vigot; 2019.
36. Garcia-Vicencio S, Ratel S, Gryson C, Masgrau A, et al - A Moderate Supplementation of Native Whey Protein Promotes Better Muscle Training and Recovery Adaptations Than Standard Whey Protein – A 12-Week Electrical Stimulation and Plyometrics Training Study. *Frontiers in Physiology*. 2018;9:np.
37. Fréville B- Whey et autres protéines : Le bon usage pour votre construction musculaire. Amphora; 2022. 339 p.
38. Reitelseder S, Agergaard J, Doessing S, Helmark IC, et al - Whey and casein labeled with L-[1-13C]leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. janv 2011;300(1):E231-242.
39. Cancer Environnement - Soja et cancer du sein Disponible sur : <https://www.cancer-environnement.fr/fiches/nutrition-activite-physique/soja-et-cancer-du-sein/>
40. Borrione P, Rizzo M, Quaranta F, Ciminelli E, et al - Consumption and biochemical impact of commercially available plant-derived nutritional supplements. An observational pilot-study on recreational athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 19 juin 2012;9(1):28.
41. SFNS - Les sportifs : des besoins spécifiques en acides aminés ? 2009 Disponible sur : <https://www.nutritiondusport.fr/les-sportifs-des-besoins-specifiques-en-acides-amines/>
42. Tout savoir sur les BCAA Disponible sur : <https://conseilssport.decathlon.fr/nutrition-tout-savoir-sur-les-bcaa>
43. Kaspary MS, Hannaian SJ, Bell ZW, Churchward-Venne TA - The effects of branched-chain amino acids on muscle protein synthesis, muscle protein breakdown and associated molecular signalling responses in humans: an update. *Nutrition Research Reviews*. 8 sept 2023;1-14.
44. IRBMS - BCAA et sport : une analyse de 45 suppléments BCAA les plus courants. 2019 Disponible sur : <https://www.irbms.com/bcaa/>
45. Maton DF. IRBMS, La nutrition du sportif, du loisir à la compétition.

46. Pichard C, Raguso CA, Genton L, Maisonneuve N, et al - Glutamine : métabolisme et physiopathologie. Med Hyg. 21 nov 2001;2369:2327-9.
47. VIDAL - Créatine, Complément alimentaire. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/creatine.html>
48. EFSA - Creatine in combination with resistance training and improvement in muscle strength |. Disponible sur : <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4400>
49. Gaillard P, Gremaud N - Créatine, hypertrophie musculaire et évolution de la force. 2019 Disponible sur : <https://sonar.ch/global/documents/315550>
50. IRBMS - Créatine : quelle toxicité potentielle ? 2023 Disponible sur : <https://www.irbms.com/creatine-dangereuse/>
51. Karam JD, Gourguechon C, Lacroix M, Brault C, et al -Thrombose veineuse abdominale et prise de créatine à but sportif : une association fortuite ? La Revue de Médecine Interne. 1 juin 2016;37:A175.
52. Albert FJ, Morente-Sánchez J, Ortega FB, Castillo MJ, et al - Usefulness of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation in different sports: an update and practical implications. Nutr Hosp. 1 juill 2015;32(1):20-33.
53. McIntosh ND, Love TD, Haszard JJ, Osborne HR, et al. β -Hydroxy β -Methylbutyrate (HMB) Supplementation Effects on Body Mass and Performance in Elite Male Rugby Union Players. The Journal of Strength & Conditioning Research. janv 2018;32(1):19.
54. Albert FJ - Eficacia de la suplementación con β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) en. nutricion hospitalaria. 1 juill 2015;(1):20-33.
55. Mielgo-Ayuso J, Pietrantonio L, Viribay A, Calleja-González J, et al - Effect of Acute and Chronic Oral L-Carnitine Supplementation on Exercise Performance Based on the Exercise Intensity: A Systematic Review. Nutrients. 3 déc 2021;13(12):4359.
56. Sawicka AK, Renzi G, Olek RA - The bright and the dark sides of L-carnitine supplementation: a systematic review. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2020 Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7507632/>
57. Cerin - Importance des diététicien(ne)s dans le suivi des sportifs. Disponible sur : <https://www.cerin.org/breves-scientifiques/importance-des-dieteticienes-dans-le-suivi-des-sportifs/>
58. Riviere AJ, Leach R, Mann H, Robinson S, et al - Nutrition Knowledge of Collegiate Athletes in the United States and the Impact of Sports Dietitians on Related Outcomes: A Narrative Review. Nutrients. 22 mai 2021;13(6):1772.
59. Guide de stage de pratique professionnelle en officine - Lutte antidopage. 2020 Disponible sur : <https://cpcms.fr/guide-stage/knowledge-base/lutte-antidopage/>
60. Article R4235-2 - Code de la santé publique - Légifrance Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006913652/

61. Delaunay S, Rochcongar P, Bourges G, Vernhet L, et al - Connaissances des médecins généralistes et des pharmaciens d'officine en matière de dopage sportif. *Science & Sports*. 1 févr 2014;29(1):34-41.
62. Auersperger I, Topič MD, Maver P, Pušnik VK, et al - Doping awareness, views, and experience: a comparison between general practitioners and pharmacists. *Wien Klin Wochenschr*. janv 2012;124(1-2):32-8.
63. OTT T - Thèse Rôle du Pharmacien d'Officine dans le conseil diététique du sportif d'endurance. 2014 Disponible sur : https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Pharma/2014/2014LIL2E082.pdf
64. Ministère du travail, de la santé et des solidarités - Compléments alimentaires. 2024 Disponible sur : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/denrees-alimentaires/article/complements-alimentaires>
65. Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. 2006-352 mars 20, 2006.
66. Denrées destinées à des populations spécifiques | entreprises.gouv.fr Disponible sur : <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/echanges-commerciaux-et-reglementation/libre-circulation-des-produits/denrees-destinees-des-populations-specifiques>
67. COM_2016 - Rapport de la Commission au Parlement Européen et au Conseil sur les denrées alimentaires destinées aux sportifs Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52016DC0402>
68. Auvinet E, Hirschauer C, Meunier AL - Alimentations, nutrition et régimes : connaissances, outils, applications (4e édition) Levallois-Perret [Paris]: Studyrama EDNH; 2021.
69. 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 - Légifrance. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000337464>
70. EFSA - Allégations nutritionnelles et de santé Disponible sur : <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/health-claims>
71. Allégations nutritionnelles et de santé : une réglementation encore trop souvent méconnue Disponible sur : <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/allegations-nutritionnelles-et-de-sante-une-reglementation-encore-trop-souvent-meconnue>
72. ANSES- Les allégations. 2012 Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/les-all%3%A9gations>
73. Contrôle des allégations nutritionnelles et de santé Disponible sur : <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/controle-des-allegations-nutritionnelles-et-sante>
74. ANSES - Compléments alimentaires destinés au développement musculaire ou à la diminution de la masse grasse. 2017 Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/compl%3%A9ments-alimentaires-destin%3%A9s-au-d%3%A9veloppement-musculaire-ou-%3%A0-la-diminution-de-la-masse>

75. ANSES - Compléments alimentaires destinés aux sportifs : des risques pour la santé pour des bénéfices incertains. 2016 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>
76. ANSES- Rapport 2022 Nutrivigilance Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES-RA2022-Nutrivigilance.pdf>
77. ANSES - Nutrivigilance. Disponible sur : <https://www.nutrivigilance-anses.fr/nutri#!>
78. ANSES - La nutrivigilance, 2024. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/tout-savoir-sur-le-dispositif-de-nutrivigilance>
79. IRBMS - Cheminement d'un Contrôle Antidopage, 2023. Disponible sur : <https://www.irbms.com/cheminement-dun-contrrole-antidopage/>
80. Code du sport - Légifrance, Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006071318
81. TITRE III : SANTÉ DES SPORTIFS ET LUTTE CONTRE LE DOPAGE (Articles L230-1 à L232-31) - Légifrance. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006071318/LEGISCTA000006137772/
82. AMA - Liste des interdictions, 2024. Disponible sur : https://www.wada-ama.org/sites/default/files/2023-09/2024list_final_fr_22_september_2023.pdf
83. Ambrose PJ- Educational opportunities and anti-doping roles and responsibilities for pharmacists. Yakugaku Zasshi. 2011;131(12):1761-4.
84. André P - Place du pharmacien d'officine dans la prévention du dopage. Actualités Pharmaceutiques. 1 juin 2024;63(637):31-6.
85. SFNS - Norme AFNOR, enquête compléments alimentaires et sportifs. Disponible sur : <https://www.nutritiondusport.fr/wp-content/uploads/2012/03/afnor-enquete-complements-alimentaires-sfns.pdf>
86. AFLD - Les compléments alimentaires. Disponible sur : <https://sportifs.afld.fr/complements-alimentaires/>
87. Burke L - Mettre à la disposition des athlètes de haut niveau des systèmes d'éducation nutritionnelle. Le programme de complémentation alimentaire de l'Institut australien du sport. In : Hausswirth C, éditeur. Nutrition et performance en sport : la science au bout de la fourchette [Internet]. Paris : INSEP-Éditions; 2012. p. 81-9. Disponible sur : <https://books.openedition.org/insep/1194>
88. AFLD - Effectuer une demande d'AUT . Disponible sur : <https://sportifs.afld.fr/effectuer-une-demande-daut/>
89. Cespharm - Compléments alimentaires - Evitez le risque de dopage accidentel, Disponible sur : <https://www.cespharm.fr/prevention-sante/catalogue/Complements-alimentaires-Evitez-le-risque-de-dopage-accidentel-brochure3>

NUTRITION CHEZ LE SPORTIF : ETUDE DE LA CONSOMMATION EN PROTEINES ET DERIVES CHEZ CELUI-CI ET PLACE DU PHARMACIEN D'OFFICINE

RESUME : Les besoins nutritionnels des sportifs sont particuliers et doivent être soigneusement adaptés. Pour améliorer les performances, faciliter la récupération et prévenir les blessures, des apports spécifiques en macronutriments (glucides, lipides et protéines) ainsi qu'en micronutriments sont nécessaires, le tout dans des quantités appropriées et d'une qualité optimale. L'étude que nous avons menée auprès de 265 sportifs a révélé une consommation courante de suppléments protéinés, tant dans les sports d'endurance que dans ceux axés sur la force.

Toutefois, il est crucial de souligner que la supplémentation en protéines doit être encadrée, car une consommation excessive peut avoir des répercussions sur la santé, notamment sur la fonction rénale bien que cet effet soit débattu. C'est ici que le rôle du pharmacien d'officine devient déterminant. Il peut accompagner les sportifs en leur fournissant des conseils personnalisés sur les produits nutritionnels adaptés à leurs besoins, tout en les informant sur les risques liés au dopage et en veillant à ce que les réglementations en vigueur soient respectées.

MOTS-CLES : SPORTIF, NUTRITION, COMPLEMENT NUTRITIONNEL, PROTEINES, CONSEIL, PHARMACIEN D'OFFICINE, DOPAGE, REGLEMENTATION

NUTRITION IN ATHLETES : STUDY OF THE CONSUMPTION OF PROTEIN AND DERIVATIVES IN HOME AND PLACE OF THE PHARMACIST

SUMMARY : The nutritional needs of athletes are specific and must be carefully adapted. To improve performance, facilitate recovery and prevent injury, specific intakes of macronutrients (carbohydrates, lipids and proteins) as well as micronutrients are necessary, all in appropriate quantities and of optimal quality. The study we conducted among 265 athletes revealed a common consumption of protein supplements both in endurance sports and in those focused on strength.

However, it's crucial to emphasize that protein supplementation must be regulated, because excessive consumption can have repercussions on health, particularly on kidney function although this effect is debated. This is where the role of the community pharmacist becomes decisive. It can support athletes by providing them with personalized advice on nutritional products adapted to their needs, while informing them about the risks linked to doping and ensuring that the regulations in force are respected.

KEYWORDS : SPORTSMEN, NUTRITION, NUTRITIONAL SUPPLEMENTS, PROTEINS, ADVICE, COMMUNITY PHARMACIST, DOPING, REGULATIONS

DISCIPLINE administrative : PHARMACIE

AUTEUR : Madame BOISSONNET Justine

Directeur de thèse : Madame CABOU Cendrine

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE : Faculté des Sciences pharmaceutiques, 35 chemin des maraîchers, 31400 Toulouse