



HAL
open science

Compléments et produits alimentaires chez le sportif : consommation, risques et importance du conseil officinal

Lucie Deloy

► To cite this version:

Lucie Deloy. Compléments et produits alimentaires chez le sportif : consommation, risques et importance du conseil officinal. Sciences pharmaceutiques. 2017. hal-01931819

HAL Id: hal-01931819

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931819v1>

Submitted on 23 Nov 2018

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

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



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
2017

FACULTE DE PHARMACIE

THESE

Présentée et soutenue publiquement

le 11 juillet 2017, sur un sujet dédié à :

**COMPLEMENTS ET PRODUITS ALIMENTAIRES CHEZ LE
SPORTIF : CONSOMMATION, RISQUES ET IMPORTANCE DU
CONSEIL OFFICINAL**

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par Lucie DELOY

née le 17 août 1992 à Epinal

Membres du Jury

Président et Directeur : Mme Brigitte LEININGER-MULLER

Professeur des Universités

Juges :

Mme Isabelle FLECHON
M. Nicolas MELICA
M. Jean-Charles VAUTHIER

Pharmacien d'officine
Pharmacien d'officine
Médecin généraliste

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2016-2017

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Béatrice FAIVRE

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Conseil de la Pédagogie

Président, Brigitte LEININGER-MULLER

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Président, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Christophe GANTZER

Vice-Président, Jean-Louis MERLIN

Commission de la Recherche

Président, Raphaël DUVAL

Responsable de la filière Officine

Responsables de la filière Industrie

Responsable de la filière Hôpital

Responsable Pharma Plus ENSIC

Responsable Pharma Plus ENSAIA

Responsable Pharma Plus ENSGSI

Responsable de la Communication

**Responsable de la Cellule de Formation Continue
et individuelle**

**Responsable de la Commission d'agrément
des maîtres de stage**

Responsable ERASMUS

Béatrice FAIVRE

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Béatrice DEMORE

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Raphaël DUVAL

Igor CLAROT

Marie-Paule SAUDER

Béatrice FAIVRE

Béatrice FAIVRE

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Jean-Claude BLOCK

Max HENRY

Alain MARSURA

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Michel JACQUE

Pierre LABRUDE

Vincent LOPPINET

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Mariette BEAUD

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
Annie PAVIS

Marie-Hélène LIVERTOUX
Bernard MIGNOT
Jean-Louis MONAL
Blandine MOREAU
Dominique NOTTER
Christine PERDICAKIS
Marie-France POCHON
Anne ROVEL
Gabriel TROCKLE
Maria WELLMAN-ROUSSEAU
Colette ZINUTTI

ENSEIGNANTS

Section CNU*

Discipline d'enseignement

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|--------------------------------|----|--|
| Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ | 82 | Thérapie cellulaire |
| Jean-Louis MERLIN | 82 | Biologie cellulaire |
| Alain NICOLAS | 80 | Chimie analytique et Bromatologie |
| Jean-Michel SIMON | 81 | Economie de la santé, Législation pharmaceutique |
| Nathalie THILLY | 81 | Santé publique et Epidémiologie |

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

| | | |
|-------------------------------|----|--|
| Christine CAPDEVILLE-ATKINSON | 86 | Pharmacologie |
| Igor CLAROT | 85 | Chimie analytique |
| Joël DUCOURNEAU | 85 | Biophysique, Acoustique, Audioprothèse |
| Raphaël DUVAL | 87 | Microbiologie clinique |
| Béatrice FAIVRE | 87 | Biologie cellulaire, Hématologie |
| Luc FERRARI | 86 | Toxicologie |
| Pascale FRIANT-MICHEL | 85 | Mathématiques, Physique |
| Christophe GANTZER | 87 | Microbiologie |
| Frédéric JORAND | 87 | Eau, Santé, Environnement |
| Isabelle LARTAUD | 86 | Pharmacologie |
| Dominique LAURAIN-MATTAR | 86 | Pharmacognosie |
| Brigitte LEININGER-MULLER | 87 | Biochimie |
| Pierre LEROY | 85 | Chimie physique |
| Philippe MAINCENT | 85 | Pharmacie galénique |
| Patrick MENU | 86 | Physiologie |
| Jean-Bernard REGNOUF de VAINS | 86 | Chimie thérapeutique |
| Bertrand RIHN | 87 | Biochimie, Biologie moléculaire |

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|-----------------|----|---|
| Béatrice DEMORE | 81 | Pharmacie clinique |
| Alexandre HARLE | 82 | Biologie cellulaire oncologique |
| Julien PERRIN | 82 | Hématologie biologique |
| Marie SOCHA | 81 | Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique |

MAITRES DE CONFÉRENCES

| | | |
|-------------------|----|-----------------------------------|
| Sandrine BANAS | 87 | Parasitologie |
| Xavier BELLANGER | 87 | Parasitologie, Mycologie médicale |
| Emmanuelle BENOIT | 86 | Communication et Santé |
| Isabelle BERTRAND | 87 | Microbiologie |
| Michel BOISBRUN | 86 | Chimie thérapeutique |
| François BONNEAUX | 86 | Chimie thérapeutique |
| Ariane BOUDIER | 85 | Chimie Physique |

| | | |
|-------------------|----|--|
| Cédric BOURA | 86 | Physiologie |
| Joël COULON | 87 | Biochimie |
| Sébastien DADE | 85 | Bio-informatique |
| Dominique DECOLIN | 85 | Chimie analytique |
| Roudayna DIAB | 85 | Pharmacie galénique |
| Natacha DREUMONT | 87 | Biochimie générale, Biochimie clinique |
| Florence DUMARCAY | 86 | Chimie thérapeutique |
| François DUPUIS | 86 | Pharmacologie |
| Adil FAIZ | 85 | Biophysique, Acoustique |
| Anthony GANDIN | 87 | Mycologie, Botanique |
| Caroline GAUCHER | 86 | Chimie physique, Pharmacologie |
| Stéphane GIBAUD | 86 | Pharmacie clinique |
| Thierry HUMBERT | 86 | Chimie organique |
| Olivier JOUBERT | 86 | Toxicologie, Sécurité sanitaire |

ENSEIGNANTS (suite)

Section CNU*

Discipline d'enseignement

| | | |
|-------------------------|-------|---------------------------------------|
| Alexandrine LAMBERT | 85 | Informatique, Biostatistiques |
| Julie LEONHARD | 86/01 | Droit en Santé |
| Christophe MERLIN | 87 | Microbiologie environnementale |
| Maxime MOURER | 86 | Chimie organique |
| Coumba NDIAYE | 86 | Epidémiologie et Santé publique |
| Marianne PARENT | 85 | Pharmacie galénique |
| Francine PAULUS | 85 | Informatique |
| Caroline PERRIN-SARRADO | 86 | Pharmacologie |
| Virginie PICHON | 85 | Biophysique |
| Sophie PINEL | 85 | Informatique en Santé (e-santé) |
| Anne SAPIN-MINET | 85 | Pharmacie galénique |
| Marie-Paule SAUDER | 87 | Mycologie, Botanique |
| Guillaume SAUTREY | 85 | Chimie analytique |
| Rosella SPINA | 86 | Pharmacognosie |
| Sabrina TOUCHET | 86 | Pharmacochimie |
| Mihayl VARBANOV | 87 | Immuno-Virologie |
| Marie-Noëlle VAULTIER | 87 | Mycologie, Botanique |
| Emilie VELOT | 86 | Physiologie-Physiopathologie humaines |
| Mohamed ZAIYOU | 87 | Biochimie et Biologie moléculaire |

PROFESSEUR ASSOCIE

| | | |
|--------------------|----|------------|
| Anne MAHEUT-BOSSER | 86 | Sémiologie |
|--------------------|----|------------|

PROFESSEUR AGREGÉ

| | | |
|--------------------|----|---------|
| Christophe COCHAUD | 11 | Anglais |
|--------------------|----|---------|

☒ En attente de nomination

***Disciplines du Conseil National des Universités :**

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES



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

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

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

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

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

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



« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE
APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS
EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT
ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR
AUTEUR ».

Remerciements

A mon président de jury et directeur de thèse,

Madame le Professeur Brigitte LEININGER-MULLER, Professeur des Universités

Vous m'avez fait le très grand honneur de diriger cette thèse et d'en accepter la présidence, je vous prie en retour de bien vouloir agréer l'expression de mes plus sincères remerciements. Un grand merci pour vos conseils et votre disponibilité. Je garderai un agréable souvenir des cours de biochimie grâce à vous.

A mes juges,

Madame Isabelle FLECHON, Pharmacien d'officine

Je vous remercie d'avoir accepté si spontanément de faire partie de ce jury. Je tiens également à vous exprimer ma très sincère gratitude pour m'avoir permis de travailler dans votre officine à plusieurs reprises et ainsi de forger mon expérience.

Monsieur Nicolas MELICA, Pharmacien d'officine

Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger mon travail. Un grand merci pour m'avoir accueilli au sein de votre officine au cours de ces six mois de stage pendant lesquels j'ai beaucoup appris et pour m'avoir laissé du temps afin de travailler cette thèse.

Monsieur Jean-Charles VAUTHIER, Médecin généraliste et médecin du sport

Vous avez accepté avec une grande spontanéité de participer à ce jury et je vous en remercie sincèrement. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance.

À **Anthony**, mon amour,

Bien sûr, merci pour toute l'aide que tu m'as apportée pour ce travail. Mais surtout, merci pour tous les moments passés avec toi au quotidien et ceux à venir, pour ton soutien sans faille qui m'a été indispensable ces derniers mois, pour tout l'amour que tu me donnes. Merci de toujours croire en moi. J'ai une chance incroyable d'avoir une personne si exceptionnelle dans ma vie.

À **mes parents Martine et Jean-Pierre**,

Un grand merci pour votre relecture, surtout à toi Papa. J'ai de la chance d'avoir des parents comme vous, vous avez toujours été à mes côtés et m'avez toujours soutenue. Vous êtes si fiers de vos enfants et je suis, pour ma part, très fière et heureuse d'avoir des parents si présents et aimants. Je pourrais écrire des pages et des pages, mais ça ne serait pas encore suffisant, pour vous remercier et vous exprimer tout l'amour que je vous porte.

À **mon frère Julien**,

Les mots ne sont pas notre fort pour exprimer notre affection l'un pour l'autre, mais tu sais que tu pourras toujours compter sur moi, comme je sais que tu seras toujours là pour moi. Merci de croire en moi et de me rassurer quand je perds confiance.

À **ma sœur Virginie et à mes neveux Maxime et Volodia**,

Les moments partagés sont rares mais cela ne signifie pas que vous ne tenez pas une place particulière dans mon cœur.

À **Mémère**,

J'aurais aimé que tu sois là, tu me manques énormément. Pour me réconforter, j'imagine que tu veilles sur nous de là-haut et que tu es toujours aussi fière de tes enfants, petits-enfants et arrière-petits-enfants. Tu seras toujours un modèle pour moi.

À **ma belle-famille : Danièle, Laurent, Audrey, Christophe, Florian, Anne-Laure, Clothilde et Bérénice**

Merci pour les moments de joie partagés (les parties endiablées de jeu de société, les discussions, les repas, les balades...), votre gentillesse, votre bienveillance et surtout pour votre accueil. Je me suis tout de suite sentie à l'aise dans cette nouvelle deuxième famille.

À **Noëlle**,

Tu es toujours pleine de fierté et gentillesse à mon égard. Merci pour ton soutien.

À **Fred**,

Tu feras toujours partie de la famille et tu auras toujours la même place dans mon cœur.

À **Jocelyne**, ma nourrice ou « Tata » comme nous t'appelions,

Tu as occupé une place énorme dans ma vie et tu me manques beaucoup. Merci de t'être si bien occupée de Julien et moi. Merci également à ta famille pour les moments heureux que nous avons passés ensemble.

Au reste de **ma famille** pour laquelle j'ai une pensée particulière.

À **Lucie**, ma Lulu que je connais depuis presque 20 ans,

Nous avons toujours pu compter l'une sur l'autre dans les bons comme dans les mauvais moments, même si tu es à Paris maintenant il s'agit bien là d'une amitié que la distance n'ébranle pas, merci pour tout ma Lulu.

À **Hélène, Adeline, Clo et Aurore**,

Mes copines de lycée et bien plus que ça. On a bien grandi depuis, les souvenirs restent mais l'amitié aussi, même si on est loin les unes des autres.

À **Coralie**,

Je suis heureuse que la faculté m'ait fait rencontrer une personne comme toi. Les moments ragots me manqueront, mais après tout on n'a pas besoin de la fac pour ça ! Merci pour ces bons moments, mais aussi pour ceux où il fallait se soutenir pendant ces longues études.

À **Thomas** (Dobby, mocheté et bien d'autres encore),

Je n'oublierai jamais les moments passés à rigoler, il aurait manqué quelqu'un au fond de l'amphi si tu n'avais pas été là !

Aux copains que je connais depuis 3 ans environ mais les bons moments sont déjà nombreux : **Sandra** (petit clin d'œil à ta thèse au passage !) et **Mathieu** (tu as aussi droit à ton clin d'œil !!), **Estelle** et **Renaud** (et je n'oublie pas **Mileva**), **Guillaume** et **Laëtitia**.

À **Hélène et Laurane**, car l'athlé fait faire de belles rencontres,

À **Justine** (la PACES ça crée des liens !), **Mylène, Aldric, Damien, Cécile** (merci pour les fous rires et les commérages pendant le stage hospitalier), **Omar** (ou Homard, merci pour ces moments pendant le stage hospitalier), **Charline, Tristan, Lucie...**

À l'équipe de la Pharmacie Mélica : **Fred, Séverine, Léa, Catherine.**

Ces 6 mois passés à vos côtés ont été très enrichissants pour moi. Je suis heureuse d'avoir pu faire ce stage au sein d'une équipe aussi sympathique que la vôtre. Merci pour votre disponibilité et votre gentillesse.

À **Jean-Philippe Claude**,

Merci de m'avoir accueillie en stage, puis pour travailler l'été, et merci de m'avoir donné envie de faire ce beau métier. Mêler sport et pharmacie, c'est en partie vous qui me l'avez inspiré. C'est toujours un plaisir de vous croiser sur les courses.

À l'équipe de la Pharmacie Thermale : **Stéphanie, Bénédicte, Marie, Claude, Aurélie**

Ça a été un bonheur d'apprendre les bases du travail à l'officine à vos côtés. Merci pour ces nombreux instants partagés et pour tout ce que vous m'avez appris.

À l'équipe de la **Pharmacie Fléchon** avec laquelle j'ai eu plaisir à travailler et à apprendre à plusieurs reprises.

À l'équipe de la **PUI du CH Emile Durkheim** pour m'avoir fait découvrir le milieu hospitalier, mais aussi pour leur bonne humeur et les bons gâteaux.

Aux **athlètes** qui ont répondu à mon enquête,

Un grand merci à vous pour avoir rendu possible cette thèse, merci également aux dirigeants qui l'ont diffusée.

Un merci tout particulier aux athlètes d'**Athlé Vosges**, ainsi qu'aux dirigeants, pour l'enquête mais également pour tous les bons moments passés sur les stades depuis mon enfance. Un clin d'œil particulier aux copains de Mirecourt et une pensée émue à Amélie qui est partie trop tôt.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Sommaire | 1 |
| Liste des abréviations | 4 |
| Table des figures..... | 5 |
| Liste des tableaux | 6 |
| I. La consommation de compléments alimentaires chez les sportifs : enquête dans le milieu de l'athlétisme..... | 9 |
| a) Matériel et méthodes..... | 9 |
| 1. Type d'étude | 9 |
| 2. Objectifs de l'enquête | 9 |
| 3. Population d'étude | 9 |
| 4. Description du questionnaire | 9 |
| 5. Déroulement de l'enquête | 10 |
| b) Résultats | 10 |
| 1. Résultats globaux..... | 10 |
| 2. Répartition homme/femme..... | 12 |
| 3. Âge des participants à l'enquête | 12 |
| 4. Consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs..... | 12 |
| 5. Consommation de compléments alimentaires..... | 17 |
| c) Discussion..... | 22 |
| 1. Comparaison à d'autres disciplines sportives | 22 |
| 2. Influence du sexe..... | 22 |
| 3. Influence de l'âge | 23 |
| 4. Influence de la discipline | 23 |
| 5. Influence du niveau de performances | 24 |
| 6. La place du pharmacien d'officine | 24 |

| | |
|--|----|
| 7. Les objectifs de la supplémentation et le type de compléments alimentaires utilisés | 25 |
| 8. Conclusion | 26 |
| II. Les produits alimentaires pour sportifs et leurs risques | 27 |
| a) Boissons énergisantes ou boissons énergétiques ? | 27 |
| 1. Les boissons dites énergisantes | 27 |
| 2. Les boissons énergétiques | 34 |
| b) Quelques recommandations nutritionnelles chez le sportif | 40 |
| c) Poudres, boissons et barres protéinées | 41 |
| 1. Exemples de produits | 41 |
| 2. Utilisation de ces produits | 41 |
| 3. Risques de ces produits | 42 |
| d) Autres produits alimentaires | 43 |
| 1. Les barres et gels énergétiques | 43 |
| 2. Les gâteaux sport | 43 |
| 3. Les produits d'avant-effort | 44 |
| 4. Les produits de l'effort | 44 |
| 5. Les produits post-effort | 44 |
| III. Les compléments alimentaires utilisés par le sportif et leurs risques | 46 |
| a) La lutte contre la fatigue | 46 |
| 1. Les vitamines | 47 |
| 2. Le magnésium | 54 |
| 3. Le fer | 55 |
| 4. La caféine | 56 |
| 5. Les plantes adaptogènes | 56 |
| 6. Tableau récapitulatif | 58 |

| | |
|--|----|
| b) Le développement musculaire et la perte de masse grasse..... | 60 |
| 1. Les protéines, acides aminés et dérivés | 60 |
| 2. Le chrome..... | 64 |
| 3. Le vanadium..... | 64 |
| 4. La caféine | 65 |
| 5. Les recommandations de l'Anses..... | 65 |
| 6. Conclusion | 66 |
| c) Favoriser la récupération | 66 |
| 1. La production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène lors de la pratique sportive | 66 |
| 2. Les mécanismes de défense de l'organisme contre les espèces réactives dérivées de l'oxygène..... | 67 |
| 3. La vitamine C | 68 |
| 4. La vitamine E..... | 68 |
| 5. Les caroténoïdes | 69 |
| 6. Les phytonutriments..... | 70 |
| 7. Les oligo-éléments | 70 |
| 8. Conclusion | 71 |
| Conclusion..... | 72 |
| Annexe | 74 |
| Bibliographie..... | 77 |

Liste des abréviations

ADN : acide désoxyribonucléosique

AFNOR : Association Française de Normalisation

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AMA : Agence Mondiale Antidopage

ANC : apports nutritionnels conseillés

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

BCAA : Branched Chain Amino Acids ou acides aminés branchés

DGCCRF : Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes

DHEA : dihydroépiandrostérone

DMLA : **dégénérescence maculaire liée à l'âge**

EFSA : European Food Safety Authority ou Autorité européenne de sécurité sanitaire des aliments

ERO : **espèces réactives dérivées de l'oxygène**

FFA : **Fédération Française d'Athlétisme**

GR : glutathion réductases

GSH-Px : glutathion peroxydases

HMB : **β -hydroxy- β -méthylbutyrate**

IAAF : International Association of Athletics Federations ou Fédération Internationale d'Athlétisme

INCA : (étude) individuelle nationale des consommations alimentaires

Inpes : **Institut national de prévention et d'éducation pour la santé**

IRBMS : Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport

MICI : **maladies inflammatoires chroniques de l'intestin**

NADPH : nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

SFNS : Société Française de Nutrition du Sport

SOD : superoxydes dismutases

UFOLEP : **Union Française des Œuvres Laïques d'Éducation Physique**

Table des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction du sexe..... | 13 |
| Figure 2 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction de l'âge..... | 13 |
| Figure 3 : proportion relative de la consommation de produits alimentaires par disciplines | 15 |
| Figure 4 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction du niveau de performances | 15 |
| Figure 5 : consommation de compléments alimentaires en fonction du sexe | 17 |
| Figure 6 : consommation de compléments alimentaires en fonction de l'âge | 18 |
| Figure 7 : proportion relative de consommation de compléments alimentaires en fonction de la discipline..... | 19 |
| Figure 8 : consommation de compléments alimentaires en fonction du niveau de performances..... | 20 |
| Figure 9 : schéma du cycle oxydatif du glutathion (70) | 68 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I : présentation de l'ensemble des réponses à l'enquête (où n représente le nombre de réponses) | 10 |
| Tableau II : proportion relative de la consommation de produits alimentaires chez les hommes et les femmes..... | 13 |
| Tableau III : proportion relative la consommation de produits alimentaires en fonction par groupe d'âge..... | 14 |
| Tableau IV : consommation de produits alimentaires en fonction de la discipline | 14 |
| Tableau V : proportion relative de la consommation de produits alimentaires par niveau | 16 |
| Tableau VI : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par sexe..... | 17 |
| Tableau VII : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par groupe d'âge..... | 18 |
| Tableau VIII : consommation de compléments alimentaires en fonction de la discipline pratiquée..... | 19 |
| Tableau IX : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par niveau..... | 20 |
| Tableau X : objectifs de la supplémentation par discipline (où n représente le nombre de réponses)..... | 21 |
| Tableau XI : composition moyenne d'une cannette de 250 mL de boissons énergisantes..... | 29 |
| Tableau XII : exemples de boissons énergétiques isotoniques..... | 35 |
| Tableau XIII : exemples de boissons énergétiques hypotoniques..... | 35 |
| Tableau XIV : exemple de boissons de récupération | 39 |
| Tableau XV : exemple de produits protéinés | 41 |
| Tableau XVI : exemples de barres et gels énergétiques..... | 43 |
| Tableau XVII : exemples de gâteaux sport | 44 |
| Tableau XVIII : tableau récapitulatif des vitamines et oligoéléments pouvant être utilisés pour réduire la fatigue..... | 58 |

Introduction

Depuis plusieurs années, le marché des compléments alimentaires en France connaît une croissance importante. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a réalisé en 2006-2007 une seconde étude individuelle nationale des consommations alimentaires (INCA). Pour la première fois, des données chiffrées sur la consommation de compléments alimentaires en France métropolitaine ont été publiées : près de **20% des adultes participant à l'étude ont consommé au moins une fois dans l'année des compléments alimentaires.** Le profil des consommateurs de compléments alimentaires est le suivant : principalement de sexe féminin (30% contre 15% chez les hommes), niveau d'études élevé, consommation sous forme de cures en automne et en hiver principalement pour 77 % de la population étudiée. Gageons que les résultats de l'étude INCA 3 qui sont attendus au deuxième trimestre 2017 montreront une nouvelle hausse de ces chiffres ! (1)

Ainsi, la population consommatrice de compléments alimentaires, comme le souligne le Professeur Marie-Paule Vasson (laboratoire de Biochimie Nutrition, Université d'Auvergne, Faculté de Pharmacie), ne semble pas représenter la population ayant le plus besoin d'une supplémentation. En effet, il s'agit souvent d'une population avec un bon niveau d'éducation et une situation socioprofessionnelle élevée. Ces personnes sont en général sensibles à l'hygiène de vie et bien informées des recommandations nutritionnelles. On peut donc s'interroger sur le besoin réel de la complémentation. (2)

Au-delà du besoin réel d'une complémentation, il est important de s'interroger sur les risques éventuels des compléments alimentaires, et notamment d'un surdosage. En effet, la décision de consommer tel ou tel complément alimentaire peut être prise par la personne elle-même. Connaît-elle ses besoins réels en vitamines et minéraux ? Consomme-t-elle déjà des laits enrichis en vitamine D par exemple ? Ainsi semble-t-il important d'analyser la supplémentation par rapport à l'ensemble du régime alimentaire, afin de ne pas majorer les apports et de ne pas se retrouver en situation de surdosage et de toxicité éventuelle des compléments alimentaires, notamment certains minéraux et vitamines. (3)

Les professionnels de santé, et les pharmaciens en particulier, ont donc un rôle important à jouer afin de conseiller au mieux toute personne émettant le souhait de se compléter. Quel pharmacien n'a jamais été confronté à une demande de compléments alimentaires pour lutter contre la fatigue ou pour booster ses défenses immunitaires ? Au-delà de ce rôle de conseils, les professionnels de santé sont chargés de signaler tout effet indésirable lié à la consommation de compléments alimentaires, d'aliments ou de boissons enrichis en substances à but nutritionnel ou physiologique (boissons énergisantes par exemple), de nouveaux aliments ou ingrédients (phytostérols, gomme guar ...), de produits destinés à l'alimentation de populations particulières (nourrissons, sportifs par exemple) via le dispositif national de nutrivigilance de l'Anses. (4)

Le profil dressé par l'étude INCA 2 ne néglige pas pour autant une certaine population : **les sportifs**. Qu'ils soient amateurs, confirmés ou professionnels, tous ont souvent les mêmes préoccupations : améliorer leurs performances, **mieux récupérer, lutter contre la fatigue ...** Ainsi, nombre d'entre eux sont séduits par des compléments alimentaires aux promesses alléchantes et par les produits spécifiques qui leur sont destinés (barres énergétiques, boissons, **préparations alimentaires ...**). Ces produits sont présents en quantité dans les magasins de diététique, de sport, sur internet, en pharmacie et même en supermarché. Que valent ces produits ? Sont-ils dangereux ? Nécessitent-ils un suivi ?

Dans un premier temps, nous essaierons de dégager un aperçu de la consommation de produits et compléments alimentaires parmi les sportifs, **notamment au travers d'une enquête réalisée auprès d'athlètes** dans le cadre de cette thèse. Nous verrons ensuite quels sont les principaux risques liés à cette prise de produits et compléments alimentaires.

I. La consommation de compléments alimentaires chez les sportifs : enquête dans le milieu de l'athlétisme

Il n'est pas aisé d'obtenir des données sur la consommation de produits et compléments alimentaires destinés aux sportifs. C'est pourquoi, dans le cadre de cette thèse, nous avons décidé de réaliser une enquête auprès d'athlètes afin de déterminer leur consommation de ce type de produits.

a) Matériel et méthodes

1. Type d'étude

Une enquête descriptive transversale a été effectuée auprès des clubs d'athlétisme, principalement vosgiens mais aussi des autres départements lorrains.

2. Objectifs de l'enquête

L'athlétisme est un sport qui regroupe plusieurs disciplines très variées qui ne requièrent pas les mêmes qualités physiques. Ainsi, le demi-fondeur ou le marathonien ne semble pas avoir les mêmes besoins nutritionnels que le lanceur de poids ou de javelot. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent d'effectuer cette enquête dans le milieu de l'athlétisme où des qualités d'endurance sont requises pour certaines disciplines, des qualités d'explosivité dans d'autres ou encore des qualités techniques ou de force pour d'autres encore. Nous pourrions ainsi observer, en fonction des disciplines, si la consommation de produits et compléments alimentaires est impactée.

3. Population d'étude

Les athlètes, quels que soient leurs niveaux de pratique ou de performances, pouvaient y répondre.

4. Description du questionnaire

Ce questionnaire, publié sur internet (via Google Forms), était anonyme, simple à remplir et rapide (moins de 5 minutes).

La première partie du questionnaire rassemblait des informations générales : sexe, âge, discipline(s) pratiquée(s), athlète licencié ou non, niveau, attention portée à l'alimentation.

La seconde partie portait sur la consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs. Une réponse positive à la question sur la consommation de ce type de produits engendrait deux questions supplémentaires (sources d'achats et

moments de consommation) et une réponse négative permettait d'accéder directement à la partie suivante.

La consommation de compléments alimentaires faisait l'objet de la troisième et dernière partie. Une réponse négative à la question sur la consommation de compléments alimentaires clôturait l'enquête alors qu'une réponse positive donnait lieu à des questions supplémentaires (sources d'achats, respect des consignes d'utilisation, objectifs de la supplémentation, origine de la préconisation).

Les questions étaient des questions à choix unique ou à choix multiples, sauf pour l'âge (question ouverte).

Le questionnaire tel qu'il était proposé aux athlètes se trouve en annexe (annexe 1).

5. Déroulement de l'enquête

Les athlètes ont été sollicités via le site internet de leur club, du Comité des Vosges d'Athlétisme et de la Ligue Lorraine d'Athlétisme mais aussi via les réseaux sociaux, via deux vagues de sollicitations (la première en juillet 2016 et la deuxième en septembre-octobre 2016). Ainsi, après exclusion de 5 réponses ininterprétables, nous avons obtenu un effectif total de 183 réponses.

b) Résultats

1. Résultats globaux

L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau I.

Tableau I : présentation de l'ensemble des réponses à l'enquête (où n représente le nombre de réponses)

| Sexe | |
|---|---------------|
| Femmes | 38,8% (n=71) |
| Hommes | 61,2% (n=112) |
| Âge | |
| Personnes les plus jeunes | 15 ans |
| Personne la plus âgée | 66 ans |
| Âge médian | 24 ans |
| Âge moyen | 29,54 ans |
| 2,5 centiles | 16 ans |
| 97,5 centiles | 64,48 ans |
| Personnes de moins de 20 ans | 21,9% (n=40) |
| Personnes âgées de 20 à 29 ans | 41,5% (n=76) |
| Personnes âgées de 30 à 39 ans | 14,2% (n=26) |
| Personnes âgées de plus 40 ans | 22,4% (n=41) |
| Discipline(s) pratiquée(s) | |
| Sprint court, haies courtes (100 m, 200 m, 100/110 m haies) | 14,1% (n=35) |

| | |
|---|---------------|
| Sprint long, haies longues (400 m, 400 m haies) | 12,1% (n=30) |
| Demi-fond (800 à 5000 m, 3000 m steeple) | 20,9% (n=52) |
| Fond (10 km au marathon) | 23,3% (n=58) |
| Marche (jusqu'à 50 km) | 2,4% (n=6) |
| Grand fond (course et marche) | 5,6% (n=14) |
| Saut en longueur, triple-saut | 4,4% (n=11) |
| Saut en hauteur | 2,8% (n=7) |
| Saut à la perche | 4,4% (n=11) |
| Lancers | 8,4% (n=21) |
| Epreuves combinées | 1,6% (n=4) |
| Licence | |
| Licence FFA | 88% (n=161) |
| Autre licence (triathlon, UFOLEP ...) | 4,4% (n=8) |
| Pas de licence | 7,7% (n=14) |
| Niveau | |
| National et international | 19,1% (n=35) |
| Interrégional | 34,4% (n=63) |
| Régional | 21,3% (n=39) |
| Départemental | 10,4% (n=19) |
| Ne sait pas/non concerné | 14,8% (n=27) |
| Attention prêtée à l'alimentation | |
| Le jour de la compétition | 26,3% (n=62) |
| La veille de la compétition | 28,4% (n=67) |
| Les jours précédant une compétition | 22,5% (n=53) |
| En phase intensive d'entraînement | 16,9% (n=40) |
| Jamais | 5,9% (n=14) |
| Consommation de produits alimentaires | |
| Oui | 38,3% (n=70) |
| Non | 61,7% (n=113) |
| Lieux d'achats | |
| Magasins de sport ou de diététique (y compris en ligne) | 46,2% (n=49) |
| Pharmacie | 18,9% (n=20) |
| Supermarché | 25,5% (n=27) |
| Internet (hors sites de magasins de sport ou de diététique) | 9,4% (n=10) |
| Moment de consommation | |
| En compétition/avant la compétition | 55,6% (n=50) |
| A l'entraînement/le jour de l'entraînement | 26,7% (n=24) |
| Plus régulièrement | 17,8% (n=16) |
| Consommation de compléments alimentaires | |
| Oui | 42,1% (n=77) |
| Non | 57,9% (n=106) |
| Lieux d'achats | |
| Magasins de sport ou de diététique (y compris en ligne) | 29,8% (n=31) |
| En pharmacie ou parapharmacie | 43,3% (n=45) |

| | |
|---|--------------|
| Supermarché | 16,3% (n=17) |
| Internet (hors sites de magasins de sport ou de diététique) | 9,6% (n=10) |
| Autre | 1,0 % (n=1) |
| Respect des consignes d'utilisation | |
| Oui | 94,8% (n=73) |
| Non | 5,2% (n=4) |
| Objectif(s) de la supplémentation | |
| Combattre la fatigue | 33,6% (n=48) |
| Comblé un état de carence confirmé | 20,3% (n=29) |
| Développer plus de puissance | 7,7% (n=11) |
| Développer plus de résistance | 9,8% (n=14) |
| Mieux gérer le stress | 8,4% (n=12) |
| Compenser une alimentation déséquilibrée | 12,6% (n=18) |
| Autres | 7,7% (n=11) |
| Origine de la préconisation | |
| Quelqu'un du milieu athlétique (entraîneur, autre athlète...) | 20,9% (n=24) |
| Médecin | 20,0% (n=23) |
| Pharmacien | 8,7% (n=10) |
| Diététicien | 7,0% (n=8) |
| Entourage (famille, amis...) | 13,9% (n=16) |
| Conseils sportifs (internet, magazines...) | 22,6% (n=26) |
| Vendeur d'un magasin spécialisé | 2,6% (n=3) |
| Autres | 4,3% (n=5) |

2. Répartition hommes/femmes

61,2% d'hommes ont répondu à cette enquête contre 38,8% de femmes (tableau I). Pour ce qui concerne les licenciés à la Fédération Française d'Athlétisme (FFA), ce qui représente 88% des réponses, 62,1% des répondants sont des hommes et 37,9% des femmes.

3. Âge des participants à l'enquête

Le tableau I permet de retrouver les données relatives à l'âge des athlètes ayant participé à notre enquête. Les réponses de cette enquête ont été données pour 63,4% des réponses par des personnes âgées de moins de 30 ans (et de plus de 15 ans). L'âge médian des athlètes ayant participé à l'enquête est 24 ans. Les athlètes âgés de 30 à 39 ans représentent 14,2% des répondants au questionnaire et ceux de plus de 40 ans 22,4%.

4. Consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs

Les participants à l'enquête ont répondu qu'ils consommaient des produits alimentaires destinés aux sportifs pour 38,3% d'entre eux (tableau I).

a) En fonction du sexe

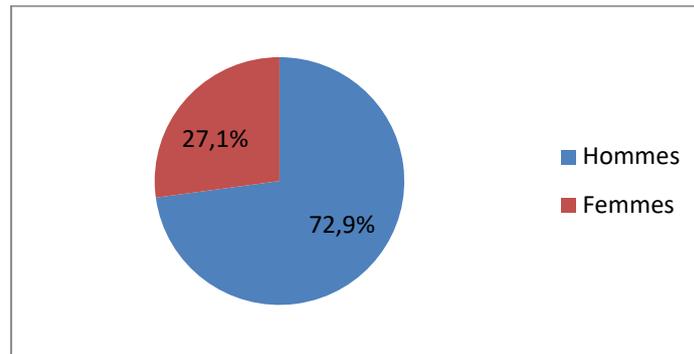


Figure 1 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction du sexe

Les résultats obtenus (figure 1) montrent que les hommes ayant répondu à cette enquête consomment beaucoup plus de produits alimentaires destinés aux sportifs que les femmes. Cependant, il faut relativiser ces données, étant donné la plus forte proportion d'hommes ayant participé à l'enquête.

Tableau II : proportion relative de la consommation de produits alimentaires chez les hommes et les femmes

| Femmes (n=71) | |
|--------------------------------------|--------------|
| Consommant des produits alimentaires | 26,8% (n=19) |
| N'en consommant pas | 73,2% (n=52) |
| Hommes (n=112) | |
| Consommant des produits alimentaires | 45,5% (n=51) |
| N'en consommant pas | 54,5% (n=61) |

Le tableau II permet de constater la plus forte consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs dans le giron des athlètes masculins (plus d'un sur deux utilise ce type de produits), tandis que les athlètes féminines ont une moindre consommation (un peu plus d'une sur quatre en utilise).

b) En fonction de l'âge

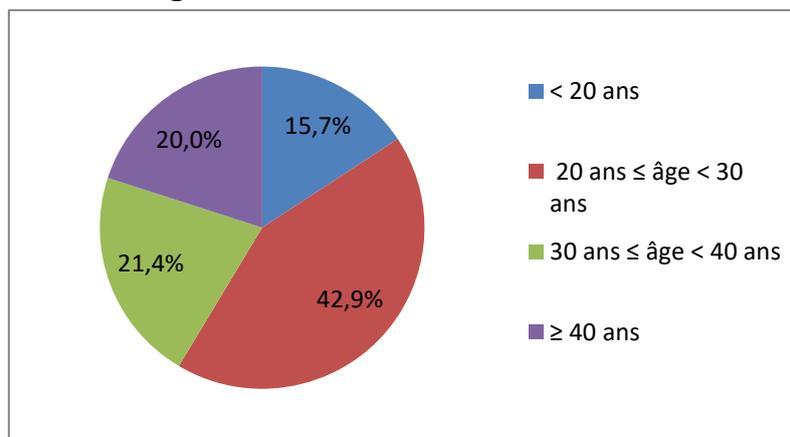


Figure 2 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction de l'âge

La figure 2 permet de voir que les athlètes âgés de 20 à 29 ans sont ceux qui consomment le plus de produits alimentaires spécifiques aux sportifs. Les jeunes

de moins de 20 ans sont, en revanche, le groupe d'âge qui consomme le moins ce type de produits. Ces résultats bruts sont à relativiser car les athlètes âgés de 20 à 29 ans sont ceux qui ont le plus répondu à l'enquête.

Tableau III : proportion relative la consommation de produits alimentaires en fonction par groupe d'âge

| Âge | Consommation de produits alimentaires | Non consommation de produits alimentaires |
|------------------------------|---------------------------------------|---|
| <20 ans (n=40) | 27,5% (n=11) | 72,5% (n=29) |
| 20 ans ≤ âge < 30 ans (n=76) | 39,5% (n=30) | 60,5% (n=46) |
| 30 ans ≤ âge < 40 ans (n=26) | 57,7% (n=15) | 48,3% (n=11) |
| ≥40 ans (n=41) | 34,2% (n=14) | 65,8% (n=27) |

Nous pouvons observer avec le tableau III quelques différences par rapport aux résultats bruts (figure 2). Ainsi, les athlètes âgés de moins de 20 ans restent le groupe d'âge qui consomment le moins de produits alimentaires. En revanche, contrairement aux résultats précédents, le groupe d'âge qui consomme en proportion le plus de produits alimentaires est celui des 30-39 ans.

c) En fonction de la discipline

Tableau IV : consommation de produits alimentaires en fonction de la discipline

| Discipline | Consommation de produits alimentaires |
|---|---------------------------------------|
| Fond (10 km au marathon) | 29,8% |
| Demi-fond (800 au 5000 m) | 22,1% |
| Sprint long, haies longues (400 m, 400 m haies) | 12,5% |
| Sprint court, haies courtes (100 m, 200 m, 100/110 m haies) | 11,5% |
| Grand fond | 6,7% |
| Lancers | 5,7% |
| Saut en longueur, triple-saut | 2,9% |
| Epreuves combinées | 2,9% |
| Marche | 2,9% |
| Saut à la perche | 1,9% |
| Saut en hauteur | 1,0% |

Ces résultats bruts (tableau IV) montrent que les disciplines d'endurance (fond et demi-fond, sans oublier le grand fond et la marche qui sont moins représentés) sont celles où les athlètes consomment le plus de produits alimentaires (61,5% des réponses). Intéressons-nous à la proportion relative de consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs par discipline.

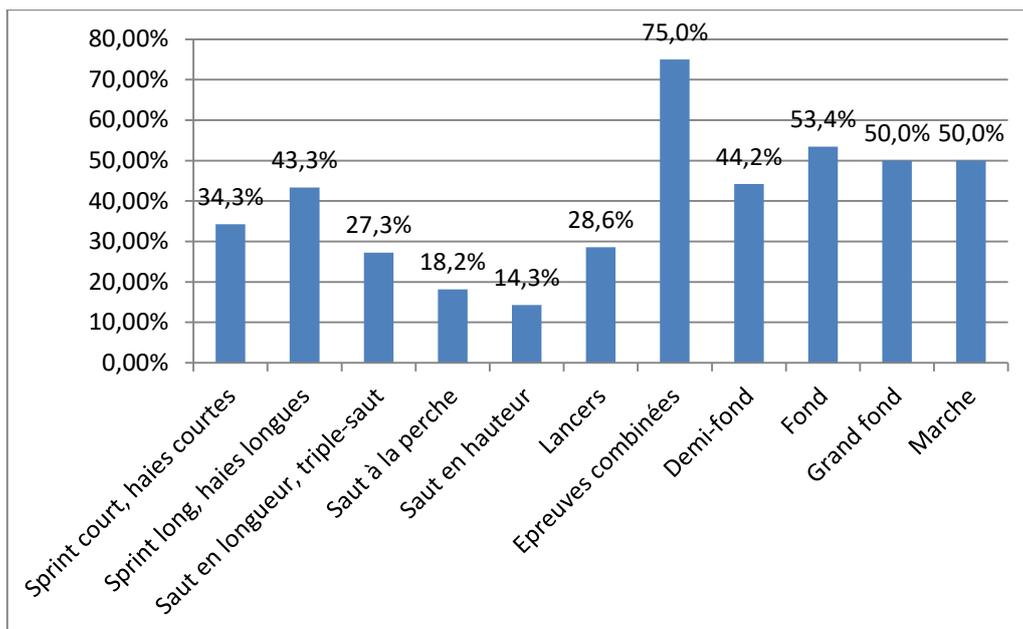


Figure 3 : proportion relative de la consommation de produits alimentaires par disciplines

Ces résultats (figure 3) laissent apparaître que, parmi les athlètes ayant participé à l'enquête, ceux pratiquant les épreuves combinées consomment pour les trois quarts d'entre eux des produits alimentaires à destination des sportifs. Cependant, seulement 4 athlètes pratiquant l'heptathlon ou le décathlon ont répondu à l'enquête, ce qui en fait un trop petit échantillon pour pouvoir affirmer qu'il s'agit de la discipline qui consomme le plus ce type de produits. Les disciplines d'endurance (fond, grand fond, marche et demi-fond) viennent ensuite avec environ une personne sur deux consommatrice de ce type de produits.

d) En fonction du niveau de performances

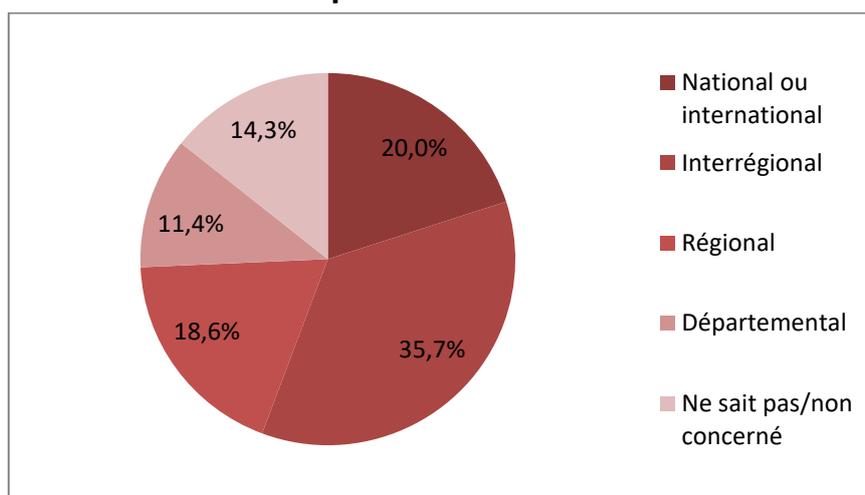


Figure 4 : consommation de produits alimentaires destinés aux sportifs en fonction du niveau de performances

Les athlètes de niveau interrégional ayant répondu à l'enquête sont ceux qui consomment le plus de produits alimentaires destinés aux sportifs. Ces résultats

bruts (figure 4) sont à nuancer car il s'agit également du groupe de niveau ayant le plus participé à l'enquête.

Tableau V : proportion relative de la consommation de produits alimentaires par niveau

| Niveau | Consommation de produits alimentaires | Non-consommation de produits alimentaires |
|--|--|--|
| International (n=4) | 50,0% (n=2) | 50,0% (n=2) |
| National (n=31) | 38,7% (n=12) | 61,3% (n=19) |
| Interrégional (n=63) | 39,7% (n=25) | 60,3% (n=38) |
| Régional (n=39) | 33,3% (n=13) | 66,6% (n=26) |
| Départemental (n=19) | 42,1% (n=8) | 57,9% (n=11) |
| Ne sait pas/non concerné (n=27) | 37,0% (n=10) | 63,0% (n=17) |

Le tableau V permet d'affiner les résultats bruts (figure 4). Les athlètes internationaux semblent être ceux qui consomment le plus de produits alimentaires pour sportifs (mais l'échantillon est trop faible pour pouvoir le conclure). Les athlètes d'un niveau départemental sont ensuite ceux qui utilisent le plus ce type de produits.

e) Moment(s) de consommation

Les données relatives aux moments de consommation se trouvent dans le tableau I. Parmi les 70 personnes consommant des produits alimentaires destinés aux sportifs, 50 en prennent lors de compétitions, ce qui constitue le moment privilégié d'utilisation de ces produits. 24 des athlètes concernés en consomment à l'entraînement et 16 plus régulièrement.

f) Lieux d'achats des produits alimentaires pour sportifs

Le tableau I fournit les données relatives aux lieux d'achats des produits alimentaires. Les magasins de sport et de diététique sont les lieux d'achats de prédilection par les athlètes quant à l'achat de produits alimentaires, loin devant les officines qui sont même devancées par les supermarchés. Internet est la dernière source d'achats pour les produits alimentaires destinés aux sportifs.

5. Consommation de compléments alimentaires

a) En fonction du sexe

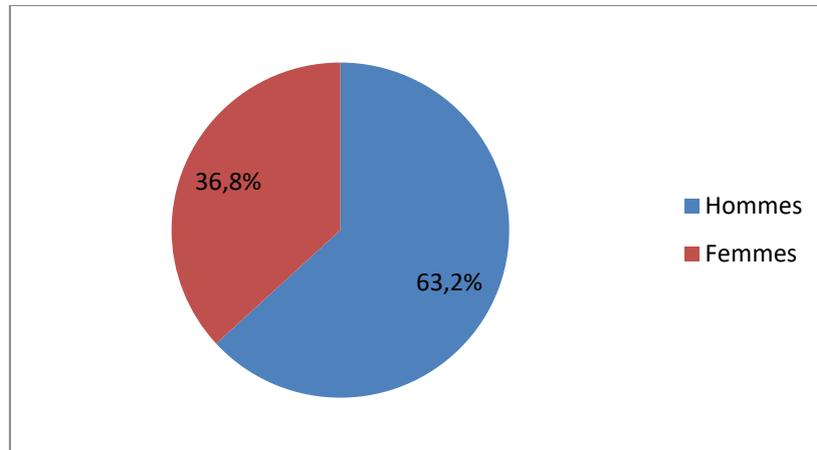


Figure 5 : consommation de compléments alimentaires en fonction du sexe

Tout comme pour les produits alimentaires destinés aux sportifs, les hommes ont une consommation de compléments alimentaires supérieure à celle des femmes, même si l'écart s'avère moins important pour les compléments alimentaires (26,4 contre 45,8) (figure 5). Ces résultats sont à relativiser, au regard de la plus forte proportion d'hommes ayant participé à l'enquête.

Tableau VI : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par sexe

| Femmes (n=71) | |
|---|--------------|
| Consommant des compléments alimentaires | 39,4% (n=28) |
| N'en consommant pas | 60,6% (n=43) |
| Hommes (n=112) | |
| Consommant des compléments alimentaires | 42,9% (n=48) |
| N'en consommant pas | 57,1% (n=64) |

Ainsi, nous retrouvons un ratio de consommation de compléments alimentaires quasiment équivalent chez les athlètes féminines et les athlètes masculins (tableau VI).

b) En fonction de l'âge

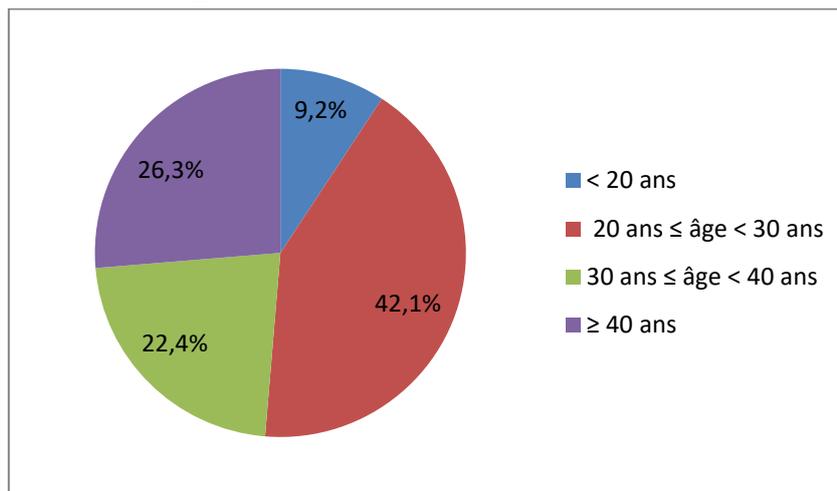


Figure 6 : consommation de compléments alimentaires en fonction de l'âge

Nous pouvons observer que les athlètes âgés de 20 à 29 ans sont ceux qui consomment le plus de compléments alimentaires. Les jeunes de moins de 20 ans représentent, en revanche, le groupe d'âge consommant le moins ce type de produits. (figure 6) Comme précédemment, les résultats bruts sont à prendre avec précaution puisque c'est majoritairement cette tranche d'âge qui a pris part à l'enquête.

Tableau VII : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par groupe d'âge

| Âge | Consommation de compléments alimentaires | Non consommation de compléments alimentaires |
|--|--|--|
| <20 ans (n=40) | 17,5% (n=7) | 72,5% (n=33) |
| 20 ans ≤ âge < 30 ans (n=76) | 42,1% (n=32) | 57,9% (n=44) |
| 30 ans ≤ âge < 40 ans (n=26) | 65,4% (n=17) | 34,6% (n=9) |
| ≥40 ans (n=41) | 48,8% (n=20) | 51,2% (n=21) |

Le tableau VII présente les données relatives à la consommation de produits et compléments alimentaires par tranche d'âge. Comme pour les produits alimentaires, les personnes de moins de 20 ans ayant participé à l'enquête sont celles qui consomment le moins de compléments alimentaires. Le groupe d'âge consommant le plus de compléments alimentaires est celui des 30-39 ans (65,4% d'entre eux), mais la consommation chez les plus de 40 ans n'est pas négligeable (près d'un sur deux), tout comme celle chez les 20-30 ans (42,1% d'entre eux).

c) En fonction de la discipline

Tableau VIII : consommation de compléments alimentaires en fonction de la discipline pratiquée

| Discipline | Consommation de compléments alimentaires |
|---|--|
| Fond (10 km au marathon) | 30,7% |
| Demi-fond (800 au 5000 m) | 18,8% |
| Sprint court, haies courtes (100 m, 200 m, 100/110 m haies) | 12,9% |
| Sprint long, haies longues (400 m, 400 m haies) | 11,9% |
| Grand fond | 6,9% |
| Lancers | 5,9% |
| Saut en hauteur | 5,0% |
| Marche | 4,0% |
| Saut à la perche | 3,0% |
| Saut en longueur, triple-saut | 1,0% |
| Epreuves combinées | 0 % |

Les disciplines d'endurance (fond et demi-fond, sans oublier le grand fond et la marche qui sont moins représentés) sont celles où les athlètes consomment le plus de produits alimentaires (60,4% des réponses) (tableau VIII). Toutefois, les résultats bruts doivent être affinés puisque les athlètes d'endurance sont ceux qui ont le plus participé à l'enquête.

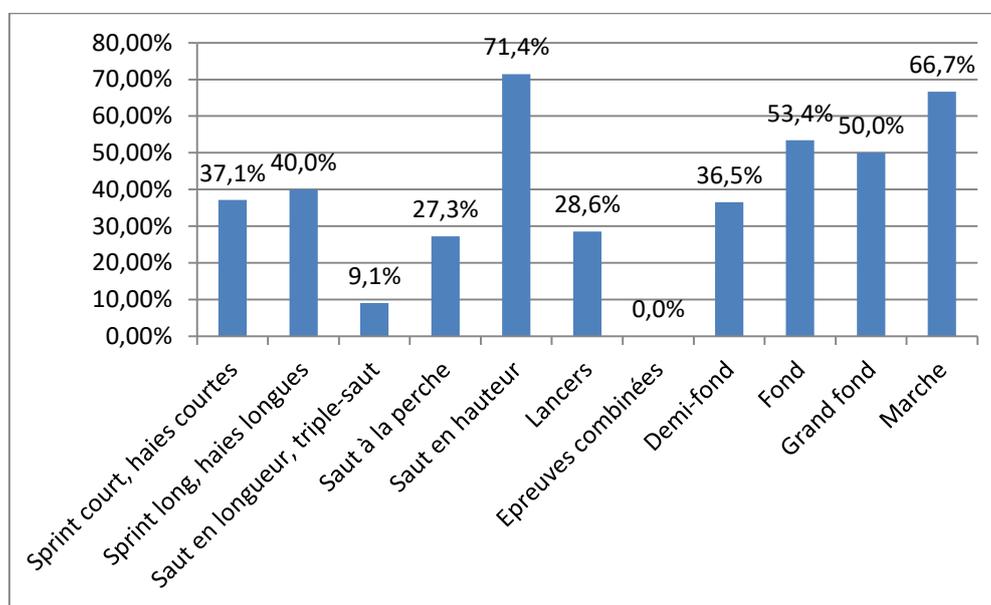


Figure 7 : proportion relative de consommation de compléments alimentaires en fonction de la discipline

La figure 7 permet d'affiner les résultats bruts (tableau VIII). Les sauteurs en hauteur seraient ceux qui consomment le plus de compléments alimentaires (71,4% de ceux ayant participé à l'enquête), mais l'échantillon est trop faible pour le confirmer (7 sauteurs en hauteur). Viennent ensuite les épreuves

d'endurance (marche, fond, grand fond). 40,0% des sprinteurs ou hurdlers (athlètes pratiquant des courses de haies) longs se supplémentent, 37,1% des sprinteurs ou hurdlers courts et 36,5% des demi-fondeurs.

d) En fonction du niveau de performances

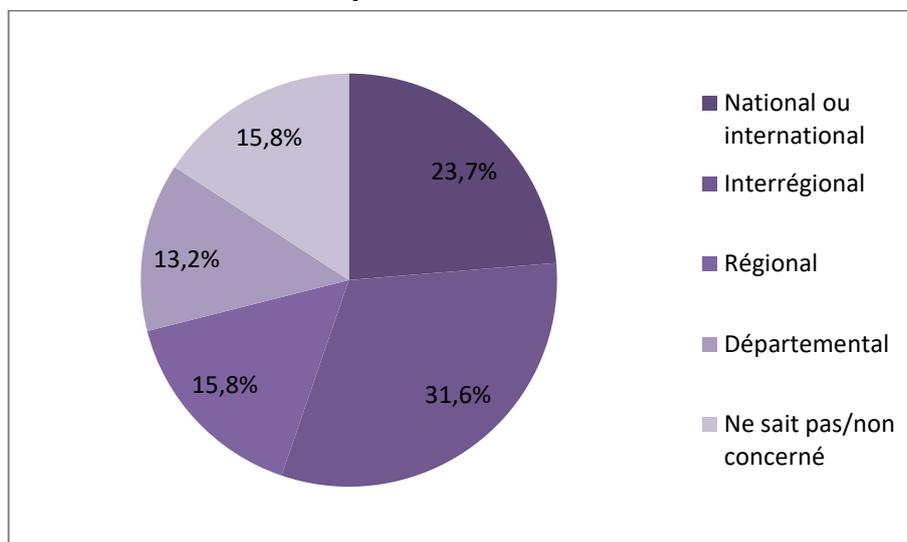


Figure 8 : consommation de compléments alimentaires en fonction du niveau de performances

Les athlètes d'un niveau interrégional ayant répondu à l'enquête sont ceux qui consomment le plus de compléments alimentaires (figure 8). Il faut relativiser ces résultats, étant donné leur plus importante participation à l'enquête.

Tableau IX : proportion relative de la consommation de compléments alimentaires par niveau

| Niveau | Consommation de compléments alimentaires | Non-consommation de compléments alimentaires |
|--|--|--|
| International (n=4) | 100% (n=4) | 0% |
| National (n=31) | 45,1% (n=14) | 54,9% (n=17) |
| Interrégional (n=63) | 38,1% (n=24) | 61,9% (n=39) |
| Régional (n=39) | 30,8% (n=12) | 69,2% (n=27) |
| Départemental (n=19) | 52,6% (n=10) | 47,4% (n=9) |
| Ne sait pas/non concerné (n=27) | 44,4% (n=12) | 55,6% (n=15) |

D'après le tableau IX, les internationaux seraient les plus nombreux à consommer des compléments alimentaires (100%, mais l'échantillon est trop faible). Les pratiquants d'un niveau départemental seraient ensuite ceux qui en consomment le plus.

e) Lieux d'achats des compléments alimentaires et origine de leur préconisation

Les données sur les lieux d'achats sont dans le tableau I. La pharmacie est l'endroit privilégié pour l'achat de compléments alimentaires (43,3% des consommateurs). Toutefois, les achats en magasin de sport ou de diététique occupent une part importante (29,8% des consommateurs).

Lorsqu'il est demandé aux athlètes par qui ils ont été conseillés pour la complémentation, le pharmacien est choisi dans seulement 8,7% des réponses. Les athlètes suivent dans des proportions considérables les conseils sportifs prodigués sur internet ou dans des magazines par exemple (22,6% des consommateurs de compléments alimentaires). L'entourage sportif (entraîneur, autres athlètes ...) constitue également une source de conseils pour les athlètes qui sont 20,9% à les écouter. Le médecin représente la 3^{ème} source de conseils pour les athlètes (20% d'entre eux).

f) Objectifs de la complémentation

Les données à propos des objectifs de la complémentation se trouvent dans le tableau I. La majorité des athlètes consommant des compléments alimentaires disent le faire afin de combattre la fatigue (33,6% des réponses). La seconde raison avancée est de combler un état de carence confirmé (20,3%). Nous retrouvons ensuite la compensation d'une alimentation déséquilibrée (12,6%), la volonté de développer plus de résistance (9,8%), de mieux gérer le stress (8,4%) ou de développer plus de puissance (7,7%). Les autres raisons invoquées sont : l'aide à la réparation musculaire, le désir de perdre de la masse grasse, de se donner l'impression de mettre toutes les chances de son côté ou de récupérer plus rapidement.

Le tableau X permet de connaître les objectifs de la supplémentation en fonction de la discipline. Lorsqu'il y avait moins de 5 personnes, les données ne se pas présentées par manque de significativité.

Tableau X : objectifs de la supplémentation par discipline (où n représente le nombre de réponses)

| | Fond (n=42) | Demi-fond (n=34) | Sprint court (n=23) | Sprint long (n=23) | Lancers (=18) | Grand fond (n=9) |
|---|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Combattre la fatigue | 26,2% (n=11) | 32,3% (n=11) | 43,5% (n=10) | 52,2% (n=12) | 33,3% (n=6) | 44,4% (n=4) |
| Comblent un état de carence confirmé | 28,6% (n=12) | 23,5% (n=8) | 21,7% (n=5) | 8,7% (n=2) | 11,1% (n=2) | 33,3% (n=3) |
| Développer plus de résistance | 11,9% (n=5) | 14,7% (n=5) | 8,7% (n=2) | 8,7% (n=2) | 16,7% (n=3) | 0 |
| Compenser une alimentation déséquilibrée | 16,7% (n=7) | 8,8% (n=3) | 4,3% (n=1) | 4,3% (n=1) | 16,7% (n=3) | 11,1% (n=1) |
| Mieux gérer le stress | 11,9% (n=5) | 14,7% (n=5) | 4,3% (n=1) | 13,0% (n=3) | 0 | 11,1% (n=1) |
| Développer plus de puissance | 4,8% (n=2) | 5,9% (n=2) | 17,4% (n=4) | 13,0% (n=3) | 22,2% (n=4) | 0 |

Quelle que soit la discipline pratiquée par les athlètes, l'objectif principal de la supplémentation, sauf pour le fond où il s'agit de combler un état de carence confirmé, est de lutter contre la fatigue.

c) Discussion

1. Comparaison à d'autres disciplines sportives

Les athlètes ayant participé à cette enquête ont déclaré consommer des **compléments alimentaires pour 42,1 % d'entre eux**. La consommation de compléments alimentaires serait donc plus importante que celle des produits alimentaires destinés aux sportifs dans la population des athlètes (38,3 % des participants à l'enquête) (tableau I). A titre de comparaison, une enquête (« Consommation des compléments alimentaires chez les triathlètes en Franche-Comté ») réalisée dans le cadre d'une thèse révèle que **69 % des triathlètes interrogés (189 réponses) se complémentent**. (5)

Des données sont disponibles dans d'autres pratiques et chez des sportifs professionnels. Ainsi, durant la Coupe du Monde de football 2010, **48,0 % des footballeurs ont consommé des compléments alimentaires durant le tournoi**. (6)

2. Influence du sexe

Le questionnaire a été rempli en majorité par des hommes (62,1 % pour les licenciés à la FFA, contre 37,9 % de femmes) (tableau I). Pour la saison 2014-2015, 2775 femmes de plus de 15 ans et 2863 hommes de plus de 15 ans étaient licenciés dans un **club d'athlétisme lorrain, soit 49,2 % de femmes et 50,8 % d'hommes**. (7) Les réponses obtenues ne reflètent donc pas totalement la répartition relativement équitable entre les hommes et les femmes au sein des clubs d'athlétisme, même si les résultats montrent tout de même qu'il s'agit d'un sport où les femmes sont de plus en plus largement représentées.

Comme nous l'avons fait apparaître précédemment, les produits alimentaires destinés aux sportifs sont plus consommés par les hommes (plus d'un sur deux utilise ce type de produits) que par les femmes (un peu plus d'une sur quatre en consomme). Nous pouvons nous demander si cette différence peut répondre à des objectifs différents. Les hommes seraient-ils plus à la recherche de la performance et les femmes pratiqueraient-elles l'athlétisme plutôt dans un souci de bien-être ou pour leur hygiène de vie ?

En ce qui concerne les compléments alimentaires, la différence homme/femme s'estompe puisque nous retrouvons un ratio de consommation de compléments alimentaires quasiment équivalent chez les athlètes féminines et les athlètes masculins ayant participé à l'enquête. Ces résultats diffèrent donc de l'étude INCA 2 dans la population générale où les femmes sont largement plus consommatrices de ce type de produits que les hommes. (1)

A titre de comparaison, les deux tiers des femmes pratiquant le triathlon et ayant **participé à l'enquête** « Consommation des compléments alimentaires chez les triathlètes en Franche-Comté » se complémentent, ainsi que les deux tiers des hommes. (5)

3. Influence de l'âge

Les réponses de cette enquête ont été données pour 63,4 % d'entre elles par des personnes âgées de moins de 30 ans (et de plus de 15 ans) (tableau I). Nous pouvons penser que cette forte représentation de la population athlétique jeune est due aux modes de diffusion de l'enquête, notamment les sollicitations sur les réseaux sociaux qui nous ont permis d'obtenir un nombre relativement important de réponses.

Les résultats de l'enquête (tableaux III et VII) ont laissé apparaître que les athlètes âgés de moins de 20 ans constituent le groupe d'âge consommant le moins de produits et compléments alimentaires. Ceci peut s'expliquer par leur moindre pouvoir d'achat, leur récupération qui est plus aisée, le fait qu'ils soient en pleine progression et qu'ils ressentent moins la fatigue que des athlètes plus âgés.

Le groupe d'âge qui consomme en proportion le plus de produits et de compléments alimentaires est celui des 30-39 ans (tableaux III et VII).

Ces résultats peuvent être mis en relation avec une étude canadienne réalisée chez 582 sportifs de haut niveau et issus de différents sports. Les athlètes âgés de plus de 18 ans consommaient plus de compléments alimentaires que ceux âgés de moins de 18 ans. (8)

4. Influence de la discipline

Comme nous l'avons écrit précédemment et comme le montre la figure 3, les athlètes consommant le plus de produits alimentaires destinés aux sportifs seraient ceux pratiquant des épreuves combinées (heptathlon pour les femmes et décathlon pour les hommes), mais au vu du faible effectif il paraît difficile de tirer une telle conclusion. Toutefois, étant donné la multiplicité des épreuves, leur intensité et la répartition des efforts sur deux jours, ces résultats ne **semblent pas aberrants**. Les disciplines d'endurance (fond, grand fond, marche et demi-fond) viennent ensuite avec environ une personne sur deux consommatrice de ce type de produits. Nous avons également pu remarquer que le moment privilégié pour la consommation de produits alimentaires est la compétition, moment où les athlètes veulent optimiser leurs performances. Le fait que les athlètes pratiquant une épreuve d'endurance soient très consommateurs de ce type de produits peut également être expliqué par la durée de leurs efforts.

Concernant les compléments alimentaires (figure 7), les sauteurs en hauteur seraient ceux qui consomment le plus de compléments alimentaires (71,4% de

ceux ayant participé à l'enquête), mais l'échantillon est trop faible pour le conclure (7 sauteurs en hauteur). Cependant, nous pouvons nous demander si cette complémentation chez ces athlètes est liée au fait que le poids est un **paramètre important dans cette discipline. Les épreuves d'endurance sont ensuite les disciplines où les athlètes consomment le plus de compléments alimentaires, mais la supplémentation dans les autres disciplines est loin d'être anecdotique.**

L'objectif de la supplémentation varie en fonction de la discipline pratiquée (tableau X). La lutte contre la fatigue fait pratiquement l'unanimité en tant qu'**objectif privilégié (sauf pour le fond où il s'agit du second objectif juste derrière le fait de combler un état de carence confirmé)**. Le développement de plus de puissance semble être un souhait plus important chez les lanceurs (22,2 % de ceux consommant des compléments alimentaires) et chez les sprinteurs de courte distance (17,4 % de ceux consommant des compléments alimentaires).

A titre de comparaison, l'enquête réalisée lors de l'**Infernal Trail des Vosges**, laisse apparaître que 12,3 % des coureurs ont consommé des compléments alimentaires le mois précédant la course, **contre 39 % pour l'Ultra-Trail du Mont Blanc**, et plus de 30 % des traileurs en emportaient avec eux lors de la course, **dont 7 % des participants au 160 km qui en ont consommé durant l'effort.** (9)

5. Influence du niveau de performances

Qu'il s'agisse des produits ou des compléments alimentaires (tableaux V et IX), les athlètes internationaux seraient les plus consommateurs, mais la participation **d'athlètes de ce niveau à l'enquête est trop réduite pour pouvoir le conclure.** Les athlètes départementaux seraient ensuite ceux qui consomment le plus ces deux types de produits. Un lien entre le niveau de performances et la consommation de produits et compléments alimentaires semble donc difficile à établir.

Pour corroborer ces résultats, une **étude menée par l'International Association of Athletics Federation (IAAF) ou Fédération Internationale d'Athlétisme** montre que 85 % des athlètes internationaux se supplémenteraient. (10)

6. La place du pharmacien d'officine

Comme nous l'avons décrit précédemment, la pharmacie est le lieu d'achat privilégié pour l'achat de compléments alimentaires (tableau I). Concernant les produits alimentaires, les pharmacies sont devancées par les magasins de sport et de diététique et par les supermarchés (tableau I). Lorsqu'il est demandé aux athlètes par qui ils ont été conseillés pour la complémentation, le pharmacien est choisi dans seulement 8,7 % des réponses (tableau I). Nous pouvons donc **considérer qu'il aurait un rôle plus important à jouer pour conseiller à quels produits éventuellement recourir de manière raisonnée.**

7. Les objectifs de la supplémentation et le type de compléments alimentaires utilisés

Le tableau I permet de connaître les objectifs de supplémentation des athlètes ayant répondu à notre enquête. La lutte contre la fatigue et le souhait de combler un état de carence sont des objectifs qui semblent liés à la consommation accrue chez les athlètes de 30 à 39 ans qui peuvent ressentir une **fatigue plus importante (vie active, vie de famille, moins bonne récupération ...)**, ainsi que chez les athlètes pratiquant une discipline d'endurance (entraînements souvent plus longs).

Ces résultats peuvent être **mis en relation avec l'enquête** « Consommation des compléments alimentaires chez les triathlètes en Franche-Comté » qui faisait apparaître que la consommation de compléments alimentaires augmentait avec **le nombre d'heures d'entraînement par semaine et que** les triathlètes consommaient principalement des vitamines et des minéraux, ainsi que du fer et du magnésium. **Il convient de remarquer que la consommation d'acides aminés et de protéines est plus importante chez des triathlètes s'entraînant plus de 10 heures par semaine.** (5)

Une autre enquête, centrée sur l'automédication et menée en 2007 auprès de rugbymen amateurs du Lot, laisse apparaître que 13,6 % d'entre eux (103 réponses) utilisent des vitamines, 4,9 % des « toniques avec de la caféine » et 2,9 % des protéines. Ce résultat peut être rapproché des motifs d'automédication invoqués (fatigue et baisse des performances). (11)

La thèse intitulée « **Automédication chez les coureurs de trail et d'ultra-trail : enquête lors de l'Infernal Trail des Vosges 2014** » permet, grâce aux réponses détaillées des traileurs **d'obtenir une idée des compléments alimentaires utilisés** : certaines réponses restent vagues (« compléments alimentaires »), **d'autres mentionnent le type de compléments alimentaires (acides aminés, oméga-3 ...) ou l'indication (« contre l'irritation intestinale »), et d'autres sont plus précises en mentionnant les composants (spiruline, curcuma, magnésium, coenzyme q10, harpagophytum, fer ...) ou le nom de spécialité (Berroca®, Nutrimag®, Magné-B6®, Bion 3®...).** (9)

Une enquête canadienne réalisée chez 582 athlètes de haut niveau montre une consommation importante de boissons énergétiques (22,4 %), de barres énergétiques (14,0 %), de compléments multivitaminés et minéraux (13,5 %), de protéines (9,0 %) et de vitamine C (6,4 %). (8)

8. Conclusion

Nous avons pu observer que la consommation de produits alimentaires spécifiques aux sportifs et de compléments alimentaires est relativement **répandue dans le milieu de l'athlétisme, mais également dans d'autres sports**. Si les sportifs pensent ainsi améliorer leurs performances, lutter contre la fatigue ou combler une carence, **les études effectuées n'ont pour la plupart jamais pu prouver le bien-fondé des allégations sur les compléments alimentaires.** (12) **Au-delà d'une efficacité douteuse, nous pouvons surtout nous interroger sur les risques de ces produits largement consommés.**

II. Les produits alimentaires pour sportifs et leurs risques

Les résultats de notre enquête nous montrent que les produits alimentaires destinés aux sportifs sont largement consommés par ces derniers (plus de 38 % des athlètes interrogés), principalement en compétition, mais également à l'entraînement, voire plus régulièrement. La frontière entre produits et compléments alimentaires peut parfois être floue. Nous entendons par produits alimentaires pour sportifs ou aliments destinés aux sportifs des aliments destinés à répondre à leurs besoins nutritionnels. (13) Certains des produits que nous aborderons dans cette partie pourraient également répondre à la définition de compléments alimentaires, mais leur forme étant proche d'aliments (avant ou après transformation, dissolution dans de l'eau par exemple), nous les aborderons dans cette partie. Il semble important que les sportifs soient conseillés afin de pouvoir consommer de manière raisonnable ces produits.

L'industrie des produits alimentaires pour sportifs connaît depuis les années 1970 une croissance importante. Selon le Syndicat Français de la Nutrition Spécialisée, le marché de la nutrition sportive est en progression (estimation d'une évolution de 4 % en 2016) alors que celui de l'alimentation générale est plutôt marqué par une stagnation. (14) Le sportif peut être perdu devant l'étendue des produits existants. Nous essaierons dans cette partie d'éclaircir les informations sur ces produits.

a) Boissons énergisantes ou boissons énergétiques ?

Les termes « boissons énergisantes » et « boissons énergétiques » sont proches et 49 % des sportifs de haut niveau, interrogés lors d'une enquête réalisée par l'Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé (IRBMS) sur la consommation de boissons énergisantes, ne font pas de différence entre ces deux types de boisson, les industriels jouant sur la confusion qui peut être faite par le consommateur. (15) (16) Pourtant, elles ne renferment pas les mêmes ingrédients et l'une d'entre elles ne devrait pas être consommée par le sportif comme nous allons le rappeler dans la partie à venir.

1. Les boissons dites énergisantes

a) Définition et origine

Les boissons dites énergisantes ou *energy drinks* ne possèdent pas de définition réglementaire. Cependant, l'Anses les définit comme « des boissons qui se présentent comme possédant des propriétés stimulantes tant au niveau physique qu'intellectuel ». Ces boissons sont généralement composées d'un mélange d'ingrédients : caféine, taurine, vitamines du groupe B, ginseng, guarana, glucides, glucuronolactone ... Elles ont généralement un point commun : la caféine. En effet, 96 % des boissons énergisantes commercialisées en France en contiennent. A titre d'exemple, nous pouvons citer Red Bull® qui est le leader du marché, mais aussi Monster®, Burn® ou Dark Dog®. (17) (18) L'origine de ces

boissons énergisantes se trouve au Japon où il existait des sirops aux propriétés stimulantes et renfermant un mélange de plantes (ginseng, éleuthérocoque ...). L'idée a séduit les fabricants européens avec le lancement dans les années 1980 de Red Bull® qui s'est fait connaître dans les épreuves de ski de fond. (16)

b) Consommation

Les boissons énergisantes sont largement consommées. Ainsi, l'enquête réalisée par l'IRBMS met en avant que 66 % des personnes ayant répondu ont déjà consommé ou consomment des boissons énergisantes et pour 14 % d'entre eux au moins une fois par semaine. (15) Selon l'Anses, cette consommation est en lien avec une activité sportive dans 41 % des cas (avant, pendant ou après), se fait en mélange avec de l'alcool dans 16 % des cas et 32 % des personnes consomment ce type de boissons lors d'événements festifs. (18) Cependant, les modes de consommation semblent se diversifier : utilisation dans la vie quotidienne ou professionnelle pour être plus « performant », utilisation comme une boisson de consommation courante par effet de mode, utilisation dans le milieu scolaire ou universitaire afin d'optimiser les chances de réussites ... (15)

c) Avis de l'Anses

Depuis leur mise sur le marché, les boissons énergisantes font débat. Après avoir été interdite en France en 1996, leur vente est de nouveau autorisée depuis juillet 2008. Toutefois, l'Anses a rendu un avis en septembre 2013 sur ces boissons : « la consommation des boissons énergisantes doit être évitée lors d'un exercice physique ou en association avec de l'alcool. De plus, il est essentiel que certains consommateurs (femmes enceintes ou allaitantes, enfants et adolescents, personnes pouvant être sensibles aux effets de la caféine ou souffrant de certaines pathologies) soient particulièrement attentifs aux apports en caféine, notamment via ces boissons, tout en rappelant à l'ensemble de la population de modérer sa consommation en boissons à base de caféine. » (18) Ainsi, nous aborderons seulement dans la suite de notre analyse les risques inhérents à cette consommation dans le cadre de la pratique d'une activité physique.

Cet avis de l'Anses confirme celui formulé par la Société Française de Nutrition du Sport (SFNS) qui, en 2008, soulignait que l'innocuité de ces boissons n'avait pas été démontrée et qu'elles pouvaient même s'avérer dangereuses dans certaines situations. La SFNS rappelait également dans cet avis que les boissons énergisantes n'étaient pas adaptées à la pratique du sport et qu'elles pouvaient s'inscrire dans une démarche de conduite dopante. (19) A l'inverse du dopage qui ne concerne que les sportifs utilisant des substances interdites par l'Agence Mondiale Antidopage (AMA), la conduite dopante est définie par l'ancien Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes) comme suit : « On parle de conduite dopante lorsqu'une substance (vitamine, médicament, stupéfiant, etc.) est utilisée dans le but de surmonter un obstacle, que celui-ci soit réel ou supposé, à des fins de performance. L'obstacle peut être un examen,

un entretien d'embauche, un travail difficile et/ou pénible, une épreuve sportive, etc. » (20)

d) Les composants des boissons énergisantes

Les boissons énergisantes commercialisées en France contiennent quasiment **toutes de la caféine (96 % d'entre elles)**. Il est à mentionner que les boissons contenant du guarana sont incluses dans celles contenant de la caféine. 67 % des boissons ont parmi leurs composants des vitamines, principalement des vitamines du groupe B, mais nous pouvons aussi parfois retrouver de la vitamine C et de la vitamine E. La taurine est présente dans 52 % des boissons, la **glucuronolactone dans 33 % d'entre elles** et les extraits de ginseng dans 20 %. (18) Nous **retrouvons également des glucides en quantité importante (jusqu'à 38 g** dans une cannette de 250 mL de Burn® Instinct Energy par exemple), du **potassium, du gingembre ...** (21) Souvent, les boissons énergisantes sont **composées de plusieurs des ingrédients précédents**. Ainsi, la moitié d'entre elles contiennent à la fois de la caféine et de la taurine et 32 % offrent en plus de la glucuronolactone. (18) **Le tableau XI précise la composition moyenne d'une cannette (250 mL) de boissons énergisantes.**

Tableau XI : composition moyenne d'une cannette de 250 mL de boissons énergisantes

| | |
|-------------------------|--------------|
| Caféine | 80 mg |
| Taurine | 420 mg à 1 g |
| Glucuronolactone | 282,5 mg |
| Glucides | 28 g |

Les composants alimentant le plus le débat autour des boissons énergisantes **sont la caféine, la taurine et la glucuronolactone**. C'est pourquoi, il nous semble important **d'apporter un éclairage particulier sur ces trois ingrédients**. Les vitamines du groupe B seront traitées dans la partie sur les compléments alimentaires.

e) La caféine

Généralités

De nombreuses plantes (café, thé, kola, guarana, cacao ...) renferment de la caféine. Il s'agit d'une méthylxanthine qui, de par ses effets sur le système nerveux central, favorise la concentration, accélère le rythme cardiaque, dilate **les artères coronaires favorisant l'oxygénation du cœur et permet de lutter** contre la fatigue en retardant la sensation d'épuisement. (12)

Doses de caféine

Une cannette de 250 mL de boissons énergisantes contient environ 80 mg de caféine. (18) (21) (22) Ainsi, cela équivaut à deux cafés expressos de 50 mL ou à deux cannettes de soda au cola standard de 330 mL. Dans 41 % des cas, les consommateurs de boissons énergisantes sont également consommateurs de

café, ce qui ajoute donc une nouvelle source de caféine à leur alimentation. (18) Les consommateurs doivent ainsi être vigilants quant à leurs apports en caféine via différentes boissons et aliments (café, thé, cola, boissons énergisantes, **chocolat noir ...**). (12)

L'Anses estime ainsi qu'environ 30 % de la population française adulte excède le seuil journalier retenu comme générant de l'anxiété (210 mg par jour soit environ 6 expressos) et que près de 7 % de cette population dépasse le seuil à partir duquel une toxicité chronique plus générale est suspectée (400 mg par jour soit 11 expressos). (18)

Effets

La consommation de caféine est relativement répandue dans le milieu sportif. Ainsi, un article de *L'Equipe* fait le point sur cette pratique. On y apprend notamment que le basketteur Boris Diaw consomme du café avant les matchs, tout comme Mo Farah qui en a consommé 20 minutes avant le début du **10000 mètres des Jeux Olympiques de Londres où il a remporté la médaille d'or.** (23) Une étude réalisée lors des Championnats du Monde de triathlon Ironman de 2005 révèle que 89 % des participants avaient planifié de consommer de la **caféine avant ou pendant l'Ironman.** (24)

L'effet stimulant de la caféine est bien réel et permet d'avoir un niveau de vigilance accru. Cependant, une consommation régulière de caféine développe une certaine tolérance vis-à-vis de cet effet. Il reste toutefois admis que la consommation modérée de caféine une heure avant une activité physique **améliore les performances, tout en facilitant l'effort.** (22) Il est important de veiller à ce que cette consommation reste modérée afin de ne pas basculer sur des doses de caféine engendrant des effets indésirables.

De plus, une étude réalisée chez des cyclistes a laissé apparaître que la **consommation de 350 mg ou 850 mg de caféine permettait l'obtention de résultats similaires.** (25) En revanche, plusieurs études ont démontré que sa **prise durant l'effort ne produit aucun bénéfice. De même, la caféine a longtemps été réputée auprès des sportifs pour « brûler les graisses ».** Des études ont prouvé que la caféine ne jouait ce rôle que très faiblement et dans des situations **très particulières (consommation une heure avec l'effort et effort durant au moins 3 heures),** loin de la réalité. (16)

Enfin, il apparaît important de prendre en compte la variabilité interindividuelle. En effet, une même dose peut entraîner des effets stimulants chez certains, **tandis que d'autres ressentiront des effets indésirables.** (22)

Effets indésirables et risques chez le sportif

Prise en excès, la caféine entraîne de nombreux effets indésirables : nervosité, agitation, anxiété, tachycardie, hypertension artérielle, tremblements, céphalées, **insomnie, douleurs gastriques, diarrhée, troubles diurétiques ... De plus, un**

risque d'accoutumance voire de dépendance en cas de consommation excessive est à prendre en compte. (12) (18)

Chez le sportif, sa propriété diurétique accélère la déshydratation, ce qui prédispose aux tendinites et aux mauvaises performances. (16) De plus, la **caféine est susceptible de favoriser l'acidité gastrique qui pourrait déclencher de sévères maux d'estomac, surtout associée au stress d'avant-compétition.** (19) (22) La consommation de caféine pourrait influencer sur le comportement du sportif : **agressivité, irritabilité, angoisse ... Les effets indésirables de type cardiaque s'opposent à l'adaptation à l'effort du sportif et peuvent engendrer des troubles du rythme cardiaque, voire des risques de mort subite dans des cas extrêmes.** (19) **Globalement, l'apport de caféine peut constituer un facteur de risque de déshydratation, de nervosité, d'irritabilité, de troubles cardiaques et gastro-intestinaux. Ainsi, un athlète d'ultra-endurance révèle dans un article de L'Equipe avoir stoppé sa consommation de café car il en ressentait plus les effets indésirables que les bénéfiques.** (23)

Enfin, la caféine a été considérée comme une substance dopante jusqu'en 2004. Le seuil urinaire était fixé à 12 µg/mL et pouvait être atteint par la consommation de 4 à 7 tasses de café dans la demi-heure précédent l'effort. (5) **Elle fait toujours l'objet d'une surveillance urinaire pour déceler un abus et figure sur la liste des produits placés sous surveillance par l'AMA.** (5) (12)

f) La taurine

Généralités

La taurine est un acide aminé non essentiel qui peut être synthétisé de manière **endogène à partir d'autres acides aminés (méthionine, cystéine).** Elle ne participe pas à la synthèse des protéines. Elle est également retrouvée dans **l'alimentation d'origine animale (viandes, lait, produits laitiers, huîtres et algues).** (12) (18) (19) (26)

Rôles et effets de la taurine

L'absorption des matières grasses au niveau intestinal et la maturation du système nerveux nécessitent cet acide aminé. La taurine est présente en quantité importante dans la rétine, le cerveau et les muscles. (12) Elle possède également des propriétés anti-oxydantes et donc un rôle de protection cellulaire. Elle joue un rôle important dans les cellules nerveuses où elle apparaît **essentielle dans les échanges transmembranaires en régulant l'osmolarité.** (19) (26)

Doses de taurine

L'apport alimentaire journalier en taurine est d'environ 120 mg (21), tandis que la quantité moyenne de taurine contenue dans une cannette de 250 mL est de 990 mg (18). Ainsi, la plupart des boissons énergisantes apportent des quantités

de taurine qui représentent un apport alimentaire de 8 jours. (19) Ceci pose forcément la question de son éventuelle toxicité.

Controverse à propos de taurine

Comme nous l'avons dit précédemment, les boissons énergisantes ont été interdites en France de 1996 à 2008. L'ancienne Agence française de sécurité des aliments (Afssa) a rendu plusieurs avis en 2001 et 2006 afin de mettre en évidence la nécessité d'effectuer des études complémentaires pour confirmer ou non les suspicions de toxicité neurologique imputée à la taurine. En 2009, l'Autorité européenne de sécurité sanitaire des aliments (European Food Safety Authority, EFSA) concluait que les doses de taurine actuellement présentes dans les boissons énergisantes ne suscitaient pas d'inquiétude pour la santé. (18)

Effets de la taurine et risques chez le sportif

Les différentes études menées ne permettent pas de conclure à un effet **anti-oxydatif et détoxifiant chez le sportif. Il est même permis de s'interroger sur un effet pro-oxydatif, comme pour d'autres antioxydants**, ce qui sera abordé ultérieurement. (19) La taurine aurait, de plus, un effet additionnel sur **l'augmentation de la pression artérielle induite par la caféine.** (18)

Enfin, aucune étude ne permet actuellement de démontrer une amélioration des performances sportives consécutive à la prise de taurine. (18) Les fabricants ne peuvent revendiquer **aucune allégation, l'EFSA n'en autorisant aucune.** (26)

Ainsi, le manque d'intérêt nutritionnel de la taurine, de même que les doutes persistants quant à son innocuité incitent à la prudence.

g) La glucuronolactone

Généralités

La glucuronolactone ou D-glucurono- γ -lactone résulte de la dégradation du **glucose. Il s'agit donc d'une substance endogène qui peut tout de même être retrouvée dans l'alimentation. Il n'existe aucune preuve d'un éventuel effet ergogénique de la glucuronolactone.** (18) (19)

Doses de glucuronolactone

La quantité moyenne de glucuronolactone contenue dans une cannette de **boissons énergisantes est de 282,5 mg, mais certaines d'entre elles en contiennent jusqu'à 600 mg.** Ainsi, la quantité de glucuronolactone peut **représenter jusqu'à 600 fois celle apportée quotidiennement par l'alimentation (1 mg par jour).** (18) (19) (27) Une fois encore, nous ne pouvons que nous questionner face à une telle dose et aux conséquences potentielles sur notre santé.

Controverse à propos de la glucuronolactone

Lorsque les boissons énergisantes étaient interdites en France, l'ancienne Afssa a publié des avis afin de souligner la nécessité de confirmer ou non les suspicions

de toxicité rénale imputées à la glucuronolactone. Tout comme pour la taurine, l'EFSA a indiqué en 2009 que les doses utilisées dans les boissons énergisantes ne représentaient pas d'inquiétudes pour la santé. (18)

Effets et risques chez le sportif

Aucun seuil de toxicité n'est actuellement connu. (19)

Aucune étude n'a permis de démontrer les allégations concernant une amélioration de la concentration ou de la mémoire pour la glucuronolactone. (27)

Malgré les recommandations de l'EFSA, il est important de rester prudent, d'autant qu'une éventuelle toxicité rénale pourrait être majorée par une déshydratation à l'effort. De plus, cette substance ne présente aucun intérêt nutritionnel particulier chez le sportif.

h) Les effets des boissons énergisantes sur les performances sportives

Plusieurs études ont été menées sur les effets des boissons énergisantes sur les performances sportives. Une étude réalisée sur 19 joueurs de football et ayant ingéré 3 mg/kg de caféine via des boissons énergisantes (c'est-à-dire environ 2 cannettes et demie !) laisse apparaître une amélioration de la détente verticale, **des qualités de vitesse et de l'adaptation au jeu.** (28) Cependant, une autre étude effectuée auprès de 15 joueuses de football ne met pas en évidence une **amélioration des performances lors de sprints répétés après ingestion d'une cannette de Red Bull®.** (29) De même, des tests réalisés chez 20 footballeurs ne montrent pas d'amélioration des performances lors de sprints répétés. (30)

Ainsi, nous ne pouvons pas conclure à d'éventuels effets des boissons énergisantes sur les performances sportives. De plus, il convient de souligner que ces boissons ne présentent aucun intérêt nutritionnel chez le sportif. (18) (19)

i) Les risques chez le sportif

Les recommandations de l'Anses découlent d'événements indésirables, signalés grâce au dispositif de nutrivigilance. Les accidents cardiaques graves sont **survenus chez des individus porteurs d'une prédisposition génétique fréquente** (la canalopathie dont est atteinte 1 personne sur 1000), souvent inconnue des consommateurs et qui les rend particulièrement sensibles à la caféine, surtout **associée à l'alcool ou lors d'activités physiques.** Sur 257 cas rapportés via le **dispositif de nutrivigilance et 212 ayant pu être exploités, 25 d'entre eux (soit 12%)** ont été jugés comme très vraisemblablement ou vraisemblablement liés à la consommation de boissons énergisantes. Les effets indésirables décrits sont principalement **cardio-vasculaires (sensations d'oppression, douleurs thoraciques, tachycardie, hypertension artérielle, troubles du rythme, arrêt cardiaque), psycho-comportementaux ou neurologiques (irritabilité, nervosité, anxiété, crises de panique, hallucinations, épilepsie).** (18)

Nous pouvons également relever un risque accru d'accident à la chaleur puisque la caféine modifie les processus de thermorégulation, en faisant grimper la température corporelle, si l'exercice est pratiqué dans un environnement chaud. (18)

En plus de ces effets indésirables, ces boissons, en raison de la présence de caféine, entraînent une augmentation des pertes hydroélectriques, aggravant ainsi la déshydratation chez le sportif. (18) Cette déshydratation peut entraîner chez le sportif des blessures, de la fatigue, une moindre résistance **à l'effort et** donc une diminution des performances sportives. (31)

Les boissons énergisantes sont des boissons au pH acide (entre 3 et 4). Lorsque **ces boissons sont consommées dans le cadre d'un effort physique, cette acidité s'ajoute donc à celle produite par l'organisme au cours de l'effort. Le corps devra donc en phase de récupération fournir plus d'énergie afin d'éliminer ce surplus d'acidité. Il est important de rappeler que l'acidification de l'organisme est un facteur favorisant les crampes et les tendinopathies. (22) (31)**

Ces boissons énergisantes, gazeuses, s'avèrent être particulièrement difficiles à digérer au cours d'une activité physique. (16) De plus, en raison de leur teneur importante en glucides (environ 112 g/L), elles sont inadaptées à la pratique d'une activité sportive. Prise juste avant un effort, elles peuvent être à l'origine d'hypoglycémies réactionnelles et de problèmes digestifs. (32)

j) Conclusion

Malgré l'amalgame qui peut être fait par certains sportifs, les boissons énergisantes ne doivent être consommées ni avant, ni pendant, ni après l'effort. Elles sont pourvoyeuses d'effets indésirables non négligeables et pouvant s'avérer très graves. Par ailleurs, le manque de recul ne permet pas l'étude des potentiels effets indésirables d'une consommation chronique de telles boissons. De plus, ces boissons énergisantes, lorsqu'elles sont consommées avec un objectif de stimulation ou d'amélioration des performances, constituent un premier pas vers une conduite dopante. Enfin, elles sont nutritionnellement inadaptées aux sportifs, contrairement aux boissons énergétiques.

2. Les boissons énergétiques

Les boissons énergétiques, ou boissons de l'effort, sont définies par l'Anses comme « des boissons de l'effort spécifiquement formulées pour répondre aux besoins nutritionnels dans le cadre d'une activité physique intense ». (18) Ces boissons présentent l'avantage d'apporter l'hydratation nécessaire à la pratique sportive, mais également des glucides et des sels minéraux. Nous pouvons constater que de nombreuses boissons de l'effort renferment des polymères (ou maltodextrines) à la saveur neutre plutôt que des glucides afin de proposer des boissons au goût moins sucré et donc plus agréables à boire au fil des ingestions répétées. (16) En plus des glucides et sels minéraux apportés par les boissons énergétiques, nous pouvons retrouver dans ces dernières d'autres composants

comme des vitamines du groupe B, de la vitamine C, des polyphénols, ... voire parfois de la caféine (et donc à éviter ...) !

Là encore, le marché des boissons de l'effort regorge d'un vaste choix. Les produits peuvent être prêts à l'emploi (boissons en bouteilles) ou non (à reconstituer : poudres, sticks, comprimés, tablettes). Comment bien choisir sa boisson énergétique ? Le paramètre essentiel à respecter est l'osmolarité, qu'il faut accorder aux conditions de l'effort. (16)

a) Les boissons isotoniques (tableau XII)

On parle de boissons isotoniques lorsque leur osmolarité est la même que celle du plasma sanguin. Cette propriété permet ainsi une absorption intestinale rapide et optimale. (5) (16)

Tableau XII : exemples de boissons énergétiques isotoniques

| Fabricant | Produit |
|------------------|---|
| Overstim's® | Hydrixir antioxydant Hydrixir antioxydant bio |
| Isostar® | Hydrate & perform Citron Hydrate & perform Grapefruit Endurance + Energy Sport Drink Orange sanguine Fast Hydratation |
| Oxsitis® | Climadrink Energiz'heure climat tempéré goût orange, pêche, tomate, fruits rouges ... |
| STC Nutrition® | Isotonic power VO2 max |
| Eric Favre® | Worldriderz isotonic saveur citron ou multifruit |
| Powerade® | Powerade® |
| Etixx® | Isotonic |

b) Les boissons hypotoniques (tableau XIII)

Les boissons hypotoniques (comme l'eau pure) ont une osmolarité inférieure à celle du plasma sanguin. Elles vont permettre l'hydratation, mais l'assimilation des nutriments n'est pas idéale. Nous pouvons conseiller ce type de boissons pour des activités physiques en conditions extrêmes (forte chaleur, altitude ...). Ces boissons correspondent à des boissons isotoniques diluées ou à des boissons spécifiques. (5) (16)

Tableau XIII : exemples de boissons énergétiques hypotoniques

| Fabricant | Produit |
|------------------|--|
| Oxsitis® | Climadrink Energiz'heure climat chaud goût citron, thé menthe, tropical |
| Maxim® | Hypotonic Sport Drink |

c) Les boissons hypertoniques

Les boissons hypertoniques ont une osmolarité supérieure à celle du plasma sanguin. Afin de diluer ce liquide, les cellules intestinales vont libérer de l'eau afin d'arriver à un liquide isotonique au plasma, ce qui peut aboutir à la survenue de diarrhée. Ce phénomène aggrave ainsi la déshydratation présente à l'effort et pouvant également être potentialisée par une pratique sportive par temps chaud. **La seule situation où ce type de boissons peut être utilisé est l'exercice physique prolongé par temps froid**, les pertes sudorales étant alors faibles et les besoins énergétiques importants. (5) (16)

A titre d'exemple, nous pouvons citer les sodas ou jus de fruits industriels, ainsi que des produits spécifiques comme Climadrink Energiz'heure climat froid (goût miel, abricot ou framboise) de chez Oxsitis®.

d) Les risques de la déshydratation chez le sportif

Les pertes sudorales traduisent une élimination du surplus de chaleur produite par les muscles lors d'un effort physique. (22) Elles fluctuent en fonction des individus, des conditions climatiques (hygrométrie, température extérieure ...), de l'effort et de sa durée ou encore de la consommation hydrique au cours de l'effort. (16) Ainsi, les pertes peuvent varier de 0,5 à 2 L d'eau par heure. (22)

Lorsqu'un sportif ne boit pas assez au cours d'un effort, l'organisme cherche à économiser ses réserves en eau. Ainsi, la sudation est réduite voire supprimée, et la chaleur produite musculairement n'est plus évacuée. Le sportif s'expose alors à une augmentation de la température corporelle qui, si elle est trop importante et principalement dans des conditions extrêmes, peut exposer à un danger de mort. (16) (22) Plusieurs symptômes peuvent annoncer une déshydratation trop importante (de 9 à 12%) : crampes, nausées, vomissements, confusion voire irrationalité, faiblesse générale ... (22)

Outre ce risque majeur, la déshydratation peut entraîner chez le sportif d'autres inconvénients : perte de concentration, diminution des performances, risque accru de blessures (tendinites, elongations, claquages ...), etc. Ces effets peuvent se faire ressentir rapidement (perte hydrique correspondant à une perte de 1% du poids corporel). (22) (33) La déshydratation peut également devenir chronique, ce qui a pour conséquence de la fatigue et la fatigabilité à l'effort. (34)

e) Les conseils à prodiguer aux sportifs

Nous l'avons donc compris : l'hydratation du sportif est un paramètre presque aussi important que l'entraînement lui-même.

Boire avant l'effort

Boire régulièrement et de manière quotidienne permet de démarrer un effort avec un équilibre hydrique optimal. De plus, le fait de s'hydrater plusieurs heures avant une activité physique permet d'éliminer, via les urines, les excès hydriques

afin de ne pas être gêné au cours de l'effort. On peut ainsi conseiller aux sportifs de s'hydrater au moins 2 heures avant l'effort afin de laisser le temps aux reins de travailler, puis de consommer de nouveau une boisson quelques minutes avant l'effort. (22)

Nous pouvons retrouver sur le marché des boissons dites d'attente (boisson d'attente d'Overstim's® ou de Fenioux multi-sports® par exemple). Ces produits contiennent généralement des glucides sous forme de fructose (glucides à absorption lente). Nous pouvons également retrouver dans ces boissons du sodium et diverses vitamines (vitamine C, vitamines du groupe B). Les fabricants conseillent une consommation dans les 90 minutes précédant le début de l'effort afin d'assurer une hydratation optimale, de maintenir la glycémie, mais aussi d'« ancrer le sportif dans l'effort à venir ». (35) Cependant, le fructose présente des inconvénients, comme sa contribution au processus de glycation. C'est pourquoi, il est souvent conseillé au sportif d'utiliser pour « l'attente » la même boisson, que celle consommée pendant l'effort, mais diluée 2 à 3 fois. (16)

Boire pendant l'effort

Tout sportif doit s'hydrater lors d'une activité physique, quelles que soient les conditions climatiques (même en hiver), quel que soit le sport pratiqué (la natation peut faire perdre jusqu'à 500 mL de sueur lors d'une séance de 2 heures, un joueur de football américain peut perdre 8 L de sueur en une journée chaude, sous son équipement) et la durée de l'activité physique. En effet, même pour des efforts de 30 minutes, il est nécessaire de consommer de l'eau, l'hydratation étant un facteur clé pour la récupération. (16) (22) (33)

L'hydratation doit s'accompagner d'un apport en glucides. En effet, une étude conduite à Atlanta (dans le cadre de la préparation des Jeux Olympiques de 1996) a permis de montrer l'importance des glucides dans le maintien des performances en course à pied. Les résultats laissaient ainsi apparaître de meilleurs temps chronométrés chez les athlètes consommant des boissons énergétiques dans les 5 derniers kilomètres d'une séance de 40 kilomètres (les 5 derniers devant être courus aussi vite que possible) que chez les athlètes ayant consommé un placebo contenant des édulcorants. (16)

Il est important que les sportifs s'hydratent dès le début de leur effort, sans attendre l'apparition de la sensation de soif. En effet, cette sensation apparaît tardivement et la déshydratation est déjà présente. (16) (22) De plus, il faut ingérer des glucides avant la sensation de fatigue afin de maintenir un niveau de glucose permettant le prolongement des performances. Ainsi, les sportifs doivent ingérer des boissons contenant des glucides dès le début de l'effort et à intervalles réguliers. (16)

Les boissons énergétiques disponibles sur le marché peuvent constituer pour le sportif une solution adéquate pour s'hydrater durant l'effort, tout en apportant

des glucides. Elles sont pratiques car prêtes à l'emploi ou rapides à préparer, et sont agréables d'un point de vue gustatif.

Toutefois, ces boissons sont relativement coûteuses et parfois inadaptées à l'activité physique pratiquée, leur teneur en glucides étant parfois trop importantes (parfois 60 g/L). Des préparations « maison » peuvent également apporter les glucides et minéraux nécessaires à l'activité physique. (33) Par exemple, un cycliste peut très bien additionner 3 morceaux de sucre dans un demi-litre d'eau, ce qui constitue une boisson de l'effort avec une teneur en glucides adaptée et une bonne digestibilité. Le sucre peut être remplacé par du sirop ou du jus de raisin. En cas de sueurs abondantes, il est important d'incorporer 1 g/L de sel à la boisson de l'effort (soit une pincée pour un bidon d'un demi-litre). (36) Certains fabricants ont développé des produits spécifiques aux efforts longs (supérieurs à 3 h), comme Salted Sport Drink d'Isostar®, contenant plus de sodium que leurs boissons « classiques » qui n'en contiennent pas assez. Dans tous les cas, nous pouvons conseiller l'incorporation de sodium à la boisson, d'autant plus qu'il a pour effet de stimuler la soif et de favoriser la rétention hydrique. D'autres minéraux sont perdus via la transpiration (potassium, calcium, magnésium) mais une alimentation équilibrée permet de restaurer l'équilibre de ces électrolytes. (22)

Autre conseil important à dispenser : le sportif doit s'hydrater qu'il s'agisse d'un entraînement ou d'une compétition. En effet, si le sportif décide d'optimiser ses performances en s'hydratant lors de la compétition sans avoir pris cette habitude lors des entraînements, il risque de souffrir d'inconfort digestif. (22)

Boire après l'effort

L'hydratation post-effort constitue un facteur essentiel pour la récupération du sportif. En effet, même si le sportif s'est hydraté correctement au cours de son activité physique, l'organisme est tout de même déficitaire en eau et en électrolytes (principalement en sodium). Il faut parfois 24 à 48 heures pour retrouver un équilibre hydrique optimal après un effort long (marathon, courses cyclistes longues ...). Elle permet de reconstituer les réserves hydriques de l'organisme et d'éliminer au mieux les déchets musculaires. (22) (33) Ainsi, après l'effort, il faut s'hydrater et l'idéal est de le faire au moyen d'eaux minérales bicarbonatées riches en minéraux (Vichy®, Arvie®, Quézac®, Badoit® ...). (5) (33)

De plus, l'hydratation post-effort permet une régénération optimale des réserves en glycogène, accompagnée bien sûr d'un apport en glucides. Ainsi, un sportif qui ne s'hydrate pas correctement ne refera pas de manière optimale ses réserves en glycogène. (33)

Il existe également sur le marché des boissons dites de récupération (tableau XIV).

Tableau XIV : exemple de boissons de récupération

| Fabricant | Produit |
|-----------------------|--|
| Overstim's® | Boisson de récupération Boisson de récupération élite |
| STC nutrition® | Récup max |
| Fenioux multi-sports® | Boisson de récupération |
| Eafit® | Boisson post-effort |
| Aptonia® | Recovery drink |

Ces boissons contiennent généralement des glucides, des protéines (de lactosérum, acides aminés branchés ou BCAA, glutamine), des minéraux (sodium, potassium, magnésium, calcium ...), des vitamines (du groupe B, C ...).

Quelles quantités boire ?

Un sportif doit boire au moins 1,5 L d'eau par jour les jours sans activité physique, ses besoins étant augmentés les jours où il pratique cette activité.

Au cours d'un effort physique, les besoins en eau peuvent varier. Il est conseillé de répartir l'apport hydrique de manière régulière : 1 à 2 verres toutes les 15 à 20 minutes. (34) Il est toutefois possible de connaître quel volume boire pendant l'effort : le sportif peut se peser nu avant et après effort, le poids perdu correspond alors au volume d'hydratation optimal pendant la séance (80 à 100 % du poids perdu). Ainsi, pour une perte de 500 g, il est conseillé au sportif de boire 400 à 500 mL pendant l'effort. De cette manière, le sportif a une idée de la consommation hydrique optimale à laquelle il devrait s'astreindre lors d'un même type d'effort. Cet apport doit se faire par petites quantités, de manière régulière. (22)

Existe-t-il un risque de trop boire à l'effort ? Si nous avons beaucoup insisté sur l'importance de boire lors d'un effort, il est également important de rappeler qu'une hydratation supérieure en quantité aux pertes sudorales et dépourvue de sodium peut entraîner une hyponatrémie. En effet, l'absorption de liquide en trop grande quantité entraîne une dilution du sodium, qui est en plus éliminé par la sueur. Les symptômes de l'hyponatrémie sont multiples et s'aggraveront au cours de l'effort : fatigue, ballonnements, nausées, migraines, gonflement des extrémités, confusion, perte de coordination ... Ce phénomène a été décrit chez des individus pratiquant des disciplines telles que le marathon, l'ultra-marathon, le triathlon Ironman, l'ultra-trail ... En s'arrêtant à chaque ravitaillement, ingérant ainsi plus de liquide à faible teneur en sodium (environ 700 mL par heure), que ce qu'ils évacuaient par la sueur (moins de 500 mL par heure), les sportifs peuvent s'exposer à l'hyponatrémie. Afin de lutter contre ce phénomène très rare, il est recommandé de boire de façon régulière (environ 500 mL par heure, à moduler en fonction des conditions climatiques) une boisson contenant un peu de sodium (1 g par heure au-delà de 2 heures d'effort continu). Nous pouvons également conseiller pour des efforts de plus de 4 heures de consommer 1 h 30 avant l'effort des aliments salés afin d'apporter du sodium, mais aussi d'en

consommer lors de l'effort. De plus, si un sportif se sent ballonné ou entend son ventre gargouiller (ce qui peut être le cas au-delà de 1 L par heure), il peut être opportun de diminuer sa consommation hydrique. (16) (22) (37)

En ce qui concerne l'hydratation au quotidien, un moyen simple de savoir si elle est suffisante est d'observer la couleur des urines, ainsi que leur volume. Lorsqu'elles sont foncées et peu fréquentes, cela signifie que l'hydratation est insuffisante et donc qu'il faut boire davantage. Au contraire, lorsqu'elles sont claires, l'équilibre hydrique est restauré. (22)

b) Quelques recommandations nutritionnelles chez le sportif

Avant d'aborder les produits alimentaires dont regorge le marché de la nutrition sportive, il nous a semblé utile de rappeler quelques principes de base (hors ceux concernant l'hydratation puisqu'ils ont déjà été donnés) que doit garder en tête le sportif avant de se tourner vers les produits industriels qui lui sont destinés.

L'alimentation de tout sportif doit être variée et équilibrée, tout comme celle de la population générale. Contrairement à certaines idées reçues, elle ne repose pas uniquement sur l'apport de glucides à faible index glycémique (pâtes, riz, céréales, pommes de terre ...). S'il ne faut pas négliger l'apport en glucides à chaque repas (55 à 60 % de la ration énergétique dont 80 % doivent être à index glycémique faible), les lipides (30 à 35 % de la ration énergétique) et les protéines (12 à 16 % de la ration énergétique) ne doivent pas être mis de côté. Cette répartition des macronutriments ne doit pas nécessairement être modifiée chez le sportif. Toutefois, les sportifs d'endurance de haut niveau ont généralement un besoin accru en glucides (60 à 70 % de la ration énergétique) et les sportifs de force en protéines. (5)

Si, d'un point de vue purement énergétique, les fruits et légumes peuvent sembler moins intéressants aux sportifs qu'un bon plat de pâtes, ces derniers ne doivent pas oublier que la consommation de fruits et légumes leur permet de couvrir leurs besoins en vitamines, fibres, oligo-éléments, antioxydants ... Autant d'éléments qui les rendent indispensables à une alimentation équilibrée ! C'est pourquoi, la consommation de 5 fruits et légumes par jour doit s'appliquer également chez le sportif. (16) (38)

Ainsi, chaque repas doit idéalement être composé de féculents, protéines, fruits et légumes et d'un produit laitier. Il est important de varier les aliments afin d'obtenir une plus grande variété de nutriments, vitamines, oligo-éléments ... Les produits les moins transformés possible sont à privilégier. A condition de les consommer de façon ponctuelle, les gâteaux, les sucreries et le chocolat ont également leur place dans l'alimentation. (22)

Les quelques jours précédant une compétition sont l'occasion pour le sportif d'apporter plus de glucides afin d'optimiser ses réserves glycogéniques. La veille

et le jour de l'épreuve, le sportif doit éviter les aliments les plus lourds à digérer. Le jour J, le dernier repas avant l'épreuve doit être consommé au moins 3 heures avant celle-ci, voire plus en fonction de la tolérance digestive du sportif. Au-delà d'une heure et demie d'effort, il est conseillé de s'alimenter pendant l'épreuve. (5)

c) Poudres, boissons et barres protéinées

1. Exemples de produits

La frontière entre produits et compléments alimentaires n'est pas facilement identifiable pour les produits protéinés. En effet, le marché regorge de protéines, d'acides aminés et dérivés sous forme de gélules ou comprimés. Ils seront abordés ultérieurement, tout comme les produits contenant un seul type d'acides aminés. Nous nous concentrerons dans cette partie uniquement sur les barres, poudres et boissons protéinées qui contiennent plusieurs types de protéines ou d'acides aminés. Ces produits sont associés à des glucides, auxquels sont souvent ajoutées des vitamines. Le tableau VI regroupe quelques exemples des produits protéinés disponibles sur le marché.

Tableau XV : exemple de produits protéinés

| Fabricant | Produits |
|------------------|---|
| Isostar® | High Protein 25 (barres) Mass Gainer (poudre) High Protein 90 (poudre) Whey Protein (poudre) |
| Aptonia® | Mass Gainer (poudre) Whey 9 (poudre) Muscle Growth (barres) After Sport (barres) |
| Eric Favre® | Aminocharge strong (boisson) Big Mass Gainer (poudre) |
| Eafit® | Protergy barre Mega Whey (poudre) Gainer Max (poudre) |

2. Utilisation de ces produits

Les principales allégations avancées par les fabricants quant à l'utilisation des produits protéinés sont le développement musculaire, le gain de puissance et l'optimisation de la récupération. Ces allégations sont justifiées puisque les protéines sont nécessaires à la construction des muscles et à la réparation des tissus. Toutefois, si les protéines sont nécessaires au développement musculaire, il s'agit bien des exercices pratiqués qui permettent ce développement. De plus, l'apport glucidique conditionne l'activité physique et le sportif ne peut donc pas se contenter d'un régime essentiellement à base de protéines. (12) (22)

Les protéines sont des macronutriments **essentiels à l'organisme puisqu'elles permettent d'apporter les 8 acides aminés essentiels, c'est-à-dire non fabriqués de manière endogène.** Les besoins sont généralement couverts par une **alimentation équilibrée comportant des sources protéiques d'origine animale (viandes, poissons, œufs, produits laitiers) et d'origine végétale (céréales, légumineuses, graines oléagineuses principalement).** Il est important de varier les sources protéiques puisqu'elles ne possèdent pas la même teneur en acides aminés essentiels. **De plus, les protéines d'origine animale sont mieux assimilées que celles d'origine végétale et ont une teneur plus importante en acides aminés essentiels.** (12) (26) **Ainsi, nous pouvons nous interroger sur l'intérêt des produits industriels protéinés destinés aux sportifs, principalement chez des sportifs végétariens.** En effet, ils peuvent trouver leur place au quotidien, tout en veillant à ne pas basculer dans une surconsommation. Toutefois, les sources **naturelles de protéines apportent d'autres substances bioactives non apportées par les produits alimentaires industriels.** Ces substances pourraient d'autant plus favoriser le développement musculaire. (22)

3. Risques de ces produits

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) en protéines sont supérieurs chez le **sportif (1,2 à 1,4 g/kg/j chez le sportif d'endurance s'entraînant 4 à 5 fois par semaine et 1,3 à 1,5 g/kg/j chez le sportif de force en période de gain de masse musculaire) par rapport à la population générale (0,83 g/kg/j).** (26) Toutefois, ces besoins accrus ne justifient pas une surconsommation de protéines, ni une supplémentation. Il est important de veiller à une consommation raisonnée de **ces macronutriments.** En effet, **l'excès de protéines ne contribue pas au développement musculaire, mais sera dans un premier temps utilisé pour la production d'énergie, puis dans un second temps stocké sous forme de graisses.** En effet, **l'organisme ne peut utiliser à la fois que 20 à 25 g de protéines, d'où l'intérêt de répartir sur la journée la consommation en ces macronutriments.** (22)

Au-delà de cette utilisation non voulue par le sportif et donc d'une prise de poids potentielle, **l'excès de protéines comporte d'autres risques pour la santé.** Le risque principal est **l'apparition à long terme de pathologies rénales en raison d'une filtration excessive rénale des produits de dégradation protéiques (déchets azotés).** (16) (39) **Ainsi, un des conseils d'autant plus important à formuler chez les sportifs recourant à des produits protéinés, est d'adopter une hydratation suffisante afin d'éliminer ces déchets.** (22) En plus de ce risque important, nous pouvons citer les risques de développer des crises de goutte, mais aussi de favoriser des blessures sportives (musculaires et tendineuses). Enfin, des désordres électrolytiques sont possibles (fuites calcique et potassique principalement). (39)

d) Autres produits alimentaires

1. Les barres et gels énergétiques

Qu'il s'agisse des officines, des magasins de sport ou des supermarchés, les barres et gels énergétiques se retrouvent à portée de main du sportif, souvent placées à la caisse et l'incitant donc à l'achat. Le tableau XVI donne quelques exemples des produits disponibles sur le marché.

Tableau XVI : exemples de barres et gels énergétiques

| Fabricant | Produits |
|------------------|---|
| Overstim's® | Fruit'n'perf antioxydant Amelix Barre fruitée Barre salée Energix liquide |
| Isostar® | High Energy Banane Gel Essential Gel Energy |
| STC nutrition® | VO2 max barre |
| Eafit® | Barre énergétique Dosette Performer Dosette Finisher |

Ces produits séduisent forcément les sportifs : ils sont pratiques, se targuent d'optimiser les performances et constituent une collation pouvant être utilisée avant et pendant l'effort. Toutefois, le coût de ces produits énergétiques (1 à 2 € pour une seule barre !) peut interpeller. Sont-ils réellement plus efficaces qu'une poignée de raisins secs, du pain d'épices ou des fruits ? Non, ces produits ne sont pas miraculeux et offrent simplement un concentré énergétique utile à la pratique sportive. (40)

2. Les gâteaux sport

Le dernier repas avant une activité physique (entraînement ou compétition) doit être terminé au moins 3 heures avant celle-ci et doit idéalement être composé de sucres lents, tout en évitant les sucres simples, les graisses et les fibres. Ainsi, la digestion sera optimale. (16) (22) Toutefois, pour certains sportifs ayant une digestion plus lente ou pour des épreuves dont les horaires ne permettent pas de prendre un repas 3 heures avant (épreuve très matinale par exemple), les gâteaux sport peuvent représenter une solution. (5) Le tableau XVII présente quelques exemples de ces produits.

Tableau XVII : exemples de gâteaux sport

| Fabricant | Produit |
|-----------------------------------|---|
| Aptonia [®] | Ultra Energy Cake |
| STC nutrition [®] | Brownie multisports |
| Ovestim's [®] | Gatosport Gatosport cookies Gatosport muffins |
| Fenioux multi-sports [®] | Gâteau énergie |

Les gâteaux sport sont riches en glucides, mais pauvres en graisses et en fibres. Ils sont donc très digestes et peuvent être consommés 1 h 30 à 2 heures avant l'effort.

3. Les produits d'avant-effort

Outre les gâteaux sport, le marché de la nutrition sportive propose de nombreux produits à consommer avant l'effort. Certaines gammes sont ainsi à consommer dans les 3 jours précédant une compétition, les fabricants avançant ainsi que ces produits permettent d'augmenter les réserves glucidiques afin d'être plus résistant et performant le jour de l'épreuve. Nous pouvons citer la gamme Malto d'Overstim's[®] ou encore Superstock énergie de Fenioux multi-sports[®]. Ces produits sont principalement constitués de glucides lents.

Nous pouvons également trouver d'autres produits énergétiques qui ne sont pas prêts à l'emploi contrairement aux barres et gels précédemment évoqués. Il s'agit de produits à consommer dans les minutes précédant l'effort (de 15 à 30 minutes selon les fabricants) et qui sont donc très digestes. Nous pouvons illustrer ce type de produits par la gamme Sportdej d'Overstim's[®], la crème énergétique Ultrabreakfast d'Aptonia[®].

4. Les produits de l'effort

Les produits de l'effort sont les barres, gels et boissons énergétiques et ont déjà été abordés précédemment. Nous pouvons également trouver des pâtes de fruit (High Energy Fruit Boost d'Isostar[®] par exemple, Pâte de fruits d'Aptonia[®]) ou d'amandes (Aptonia[®]), des tablettes énergétiques à croquer (Tablettes Energétiques d'Eafit[®]), des compotes (Compotes Fruit&Sport d'Aptonia[®]) ...

5. Les produits post-effort

Les produits post-effort développés par les fabricants sont principalement les barres protéinées et les boissons de récupération contenant essentiellement des glucides et des protéines. Nous les avons déjà abordés auparavant.

Nous l'avons donc constaté, les produits alimentaires destinés aux sportifs, bien que coûteux, peuvent s'avérer pratiques et utiles aux sportifs. Toutefois, d'autres solutions existent et de ce fait ces produits ne demeurent pas indispensables aux sportifs. Ils doivent être utilisés à bon escient et de manière raisonnée en raison des risques potentiels de ces produits pouvant aller de troubles digestifs mineurs jusqu'à une insuffisance rénale.

III. Les compléments alimentaires utilisés par le sportif et leurs risques

Tout comme pour les produits alimentaires, les sportifs plébiscitent souvent les compléments alimentaires afin de répondre aux maux induits par leur pratique sportive. Ainsi, plus de 42 % des athlètes ayant répondu à notre enquête consomment des compléments alimentaires. Les utilisent-ils correctement ? La **majorité d'entre eux déclarent respecter les consignes d'utilisation des compléments alimentaires (94,8 % d'entre eux)**. Le non-respect de ces directives, une consommation de multiples compléments alimentaires contenant **des composants similaires ou des conseils inappropriés peuvent s'avérer risqués**. **Ainsi, le cas d'un jeune sportif en formation, rapporté dans un mémoire de stage effectué au sein de l'Antenne Médicale de Prévention du Dopage de Languedoc-Roussillon, interpelle**. Ce sportif, suite aux conseils de son entraîneur qui ne possédait pourtant aucune compétence particulière en termes de nutrition et de compléments alimentaires, utilisait 17 compléments alimentaires différents et donc des sources multiples de vitamines, minéraux et acides aminés. En plus de ces « ingrédients », les compléments alimentaires contenaient pour beaucoup **d'entre eux des plantes et extraits végétaux**. Ce jeune sportif de 18 ans se supplémentait sans surveillance médicale. **Au-delà d'une conduite pouvant être qualifiée de dopante, nous ne pouvons que nourrir de l'inquiétude face à une telle surconsommation, laquelle a malheureusement été mise en évidence par la survenue d'un cancer des testicules chez le jeune homme.** (41) Si aucun lien de cause à effet ne peut être prouvé, nous ne pouvons qu'être dubitatifs face à une telle consommation et à ces potentiels effets indésirables.

Contrairement aux aliments destinés aux sportifs, la notion de compléments alimentaires possède une définition apportée par la directive européenne 2002/46 et transposée dans un décret en France le 20 mars 2006 (décret 2006-352) : « Denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité ». (42)

Dans cette partie, nous ferons un point sur les principaux compléments alimentaires pouvant être utilisés par le sportif. De quelles indications peuvent-ils se prévaloir et surtout quels effets indésirables peuvent-ils entraîner ?

a) La lutte contre la fatigue

Plus d'un tiers des réponses formulées par les athlètes ayant participé à notre enquête laisse apparaître que la lutte contre la fatigue est la raison principale

évoquée pour la complémentation. D'autres réponses allant dans ce sens peuvent être englobées dans cette partie, plusieurs participants ayant répondu **qu'ils se supplémentaient afin de récupérer plus rapidement. Les sportifs peuvent** dans ce but se supplémenter soit via des gammes spécifiques qui leur sont destinées, soit via des compléments alimentaires destinés à toute la population et disponible en pharmacie, parapharmacie voire supermarché et magasin de diététique. Voyons quels sont les composants principaux de ce type de compléments alimentaires.

1. Les vitamines

Afin de lutter contre la fatigue, les sportifs se tournent souvent vers des compléments alimentaires multivitaminés. Les vitamines sont essentielles à **l'organisme, bien qu'elles soient sans valeur énergétique.** Elles possèdent de nombreux rôles au sein de l'organisme et participent à **la protection des cellules lors de l'effort et à leur réparation lors de la phase de récupération.** C'est pourquoi le sportif peut voir ses besoins en certaines vitamines augmenter. Toutefois, lorsque l'alimentation est variée et équilibrée, la complémentation vitaminique **ne s'avère pas nécessaire.**

A l'exception des vitamines C et E, les vitamines ont besoin d'être activées au niveau hépatique, intestinal et/ou rénal, ce qui explique les risques de carence fonctionnelle chez les personnes souffrant d'un dysfonctionnement majeur des ces organes. En dehors de ces pathologies et d'une dénutrition, il est exceptionnel de diagnostiquer une véritable carence vitaminique dans les pays industrialisés. Toutefois, il est fréquent de rencontrer des déficiences en vitamines, qui contrairement aux carences aux signes cliniques évocateurs, se manifeste par des symptômes non spécifiques comme l'asthénie et l'anorexie. (43)

De plus, un excès en vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) engendre un **stockage dans l'organisme pouvant entraîner des risques pour la santé.** (12) Néanmoins, ces vitamines sont peu présentes, voire absentes des compléments alimentaires à destination du sportif. Concernant les vitamines hydrosolubles, elles sont absorbées, sauf la vitamine B6, au niveau intestinal au moyen de **transporteurs spécifiques.** Ainsi, l'ingestion de doses importantes ne provoque pas une toxicité aiguë sévère. Il n'y a d'ailleurs de limite de sécurité fixée pour les vitamines B1, B2, B5 et B12. (43) (44)

a) Les vitamines du groupe B

Nous pouvons dénombrer 8 vitamines appartenant au groupe des vitamines B. Ce sont des vitamines hydrosolubles pouvant, à l'exception de la vitamine B8, être synthétisées par la flore colique mais pas de façon suffisante. C'est pourquoi l'apport alimentaire est essentiel afin de couvrir les besoins de l'organisme. (45)

La vitamine B1

La vitamine B1, également nommée thiamine, participe au métabolisme **glucidique pour la production d'énergie et à celui des acides aminés. Elle est également impliquée dans la synthèse de l'acétylcholine et est donc essentielle à la transmission de l'influx nerveux.** Les ANC sont de 1,2 mg par jour chez la femme et 1,3 mg par jour chez l'homme et peuvent être couverts par la consommation de céréales, levures, viandes et légumineuses. (12) (45) (46)

Une carence en vitamine B1, appelée béribéri, se manifeste par une neuropathie périphérique (pieds principalement), une atrophie musculaire, une asthénie, des nausées et des troubles émotionnels. Une carence sévère provoque des symptômes supplémentaires tels que des troubles neurologiques et **cardiovasculaires pouvant aller jusqu'à l'insuffisance cardiaque. L'alcoolisme est la principale cause de carence en thiamine.** Des carences peuvent également apparaître chez des personnes souffrant de maladies intestinales chroniques ou ayant subi une chirurgie gastrique. Enfin, les athlètes consommant beaucoup de **glucides et/ou consommant beaucoup d'énergie via leur métabolisme, ont des besoins accrus en vitamine B1. A l'inverse, aucune toxicité n'est actuellement décrite et il n'y a pas de limite de sécurité définie.** (12) (44) (45)

Nous pouvons retrouver la vitamine B1 sous forme de médicaments, seule (Vitamine B1 Richard® 250 mg) et indiquée dans les carences, ou en association à la vitamine B6 (Vitamines B1 B6 Bayer® contenant 250 mg de vitamine B1) en **traitement d'appoint de l'asthénie fonctionnelle.** (45) (47) **S'agissant des compléments alimentaires, elle est souvent conseillée en association avec la vitamine B6 et l'arginine pour lutter contre la fatigue mais l'EFSA ne lui reconnaît pas cette propriété et cette allégation ne peut donc pas être apposée sur les compléments alimentaires qui la contiennent.** Les allégations autorisées sont la contribution « au métabolisme énergétique normal », « au **fonctionnement normal du cœur et du système nerveux** », « aux capacités intellectuelles normales ». (48)

La vitamine B2

La vitamine B2 ou riboflavine est une vitamine impliquée dans la production **d'énergie et dans l'utilisation des nutriments (acides gras principalement, mais aussi acides aminés).** Les ANC sont de 1,5 mg par jour chez la femme et 1,6 mg par jour. Les carences en riboflavine sont très rares puisque les besoins sont **largement couverts par l'alimentation (abats, jaunes d'œuf, produits laitiers, viandes, poissons, céréales complètes, levure de bière ...).** (48)

Une carence en vitamine B2 peut éventuellement se manifester par des signes **cutanés non spécifiques (lèvres gercées, peau grasse ...), des maux de gorge ...** De fortes doses peuvent provoquer des diarrhées. (48) **Il n'y a pas de limite de sécurité définie pour la vitamine B2.** (44)

Nous pouvons retrouver la vitamine B2 dans plusieurs compléments alimentaires, souvent associée à d'autres vitamines du groupe B et du magnésium. Les fabricants sont autorisés par l'EFSA à plusieurs allégations santé dont celles de contribuer au « métabolisme énergétique normal », au « métabolisme normal du fer », « à la protection des cellules contre les radicaux libres » et « à la réduction de la fatigue ». (45) (48)

La vitamine B3

La vitamine B3, également nommée vitamine PP ou niacine, regroupe deux molécules : l'acide nicotinique et le nicotinamide. Cette vitamine est impliquée dans de nombreux processus : production d'énergie, synthèse d'acides gras, d'hormones sexuelles, des hématies, régulation de l'activité génique ... Les ANC sont de 11 mg par jour chez la femme et 14 mg par jour chez l'homme, couverts par une alimentation équilibrée. La niacine est principalement retrouvée dans les viandes, les poissons, les abats, les légumes, la levure de bière. (45) (48)

Il faut distinguer l'insuffisance d'apport (ou déficit) que l'on peut retrouver chez les personnes souffrant de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin, de cirrhose ou alcooliques de la carence en niacine ou pellagre. La pellagre entraîne des problèmes cutanés, digestifs (diarrhées) et neurologiques (confusion mentale). L'issue peut être fatale. L'excès d'acide nicotinique peut également s'avérer dangereux pour la santé et son utilisation doit faire l'objet d'un contrôle médical. En effet, il s'agit d'une molécule contre-indiquée à forte dose chez des personnes souffrant de pathologies rénales ou hépatiques, de diabète, de goutte ou en cas de grossesse. De fortes doses peuvent provoquer des rougeurs cutanées, un prurit, des maux de tête ou de ventre voire une aggravation du diabète et des problèmes hépatiques. Enfin, de nombreux médicaments interagissent avec cette substance, ce qui peut potentiellement déséquilibrer un traitement. Quant au nicotinamide, les effets indésirables décrits sont des céphalées et des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée). (48) La limite de sécurité de la vitamine B3 est fixée à 900 mg par jour. (44)

En tant que vitamine, l'acide nicotinique et le nicotinamide possèdent les mêmes propriétés. Cependant, à doses plus élevées, ils ne possèdent pas les mêmes indications. Ainsi, l'acide nicotinique est utilisé afin d'augmenter le HDL cholestérol. Les autres indications de l'acide nicotinique (lutte contre les dépendances, l'hypertension, le diabète et la migraine) n'ont pour l'instant pas été démontrées. Concernant le nicotinamide, il est utilisé dans le diabète et l'arthrose, mais son efficacité n'a jamais été démontrée. (48)

Dans les compléments alimentaires, nous retrouvons surtout du nicotinamide dont la tolérance est meilleure. Les allégations santé autorisées par l'EFSA comprennent la contribution « au métabolisme énergétique normal », « aux fonctions physiologiques normales » et « à la réduction de la fatigue ». (48)

La vitamine B5

La vitamine B5 ou acide panthothénique joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques : le métabolisme énergétique cellulaire, le transport de **l'oxygène dans le sang, la synthèse des acides gras, du cholestérol, des hormones stéroïdiennes ... Les ANC sont de 5 mg par jour chez l'adulte** et sont couverts par une alimentation équilibrée puisque la vitamine B5 est largement **présente dans les céréales complètes, le lait, le jaune d'œuf, les lentilles ...** La vitamine B5 est également synthétisée par la flore intestinale. (48)

Des apports insuffisants en acide panthothénique peuvent entraîner des symptômes non spécifiques tels que de la fatigue, des maux de tête, des **fourmillements, des troubles du sommeil. Il est rare d'être carencé en vitamine B5.** Toutefois, une carence peut se traduire par une sensation de brûlures au niveau des pieds. Un excès en vitamine B5 ne semble pas être toxique pour **l'organisme mais le principe de précaution s'applique tout de même,** principalement chez certaines populations (femmes enceintes et allaitantes notamment). (48) **Aucune limite de sécurité n'est définie pour la vitamine B5.** (44)

Nous pouvons retrouver la vitamine B5 dans certains compléments alimentaires. **L'EFSA autorise quelques allégations santé par lesquelles la contribution** « au métabolisme énergétique normal » et « à la réduction de la fatigue ». (37)

La vitamine B6

Le terme « vitamine B6 » regroupe plusieurs molécules, parmi lesquelles la pyridoxine, ayant des structures chimiques proches. Le métabolisme des acides aminés, le métabolisme des glucides et du glycogène, la synthèse **de l'ADN, de l'hémoglobine et de nombreux neurotransmetteurs nécessitent la présence de** cette vitamine. Elle est également impliquée dans la protection des cellules **nerveuses et dans l'intégrité du système immunitaire. Les ANC sont de 1,5 mg par jour chez la femme et 1,8 mg par jour chez l'homme. Ils sont augmentés** chez la femme enceinte et la personne âgée, mais également chez les personnes consommant beaucoup de protéines en raison du rôle important joué par cette vitamine dans le métabolisme des acides aminés. Les sources de vitamines B6 sont multiples et permettent en général de couvrir les besoins : levure de bière, **foie, poissons, noix, germes de blé, fruits, légumes ...** (26) (45)

Les déficits et carences en vitamine B6 sont relativement rares. Nous pouvons **les retrouver en cas d'alcoolisme, de maladies chroniques de l'intestin ou chez des personnes traitées par isoniazide ou par contraceptifs oestro-progestatifs.** La carence se manifeste par des signes cutanéomuqueux (**photosensibilité importante, acné, lésions séborrhéiformes ...**), **neurologiques (crampes, polynévrite distale, asthénie, dépression)** et hématologiques (anémie microcytaire hypochrome). (26) (45) La limite de sécurité pour cette vitamine est de 25 mg par jour. (44) Un excès de vitamine **B6 s'avère toxique pour l'organisme** (26) :

- Des doses allant de 50 à 200 mg par jour peuvent entraîner des signes fonctionnels de neuropathie, **ne disparaissant que 6 mois après l'arrêt du traitement.**
- Plus de 500 mg par jour peuvent engendrer une perte de sensibilité au niveau des extrémités, des troubles digestifs (nausées, vomissements, **perte d'appétit**), **des désordres neurologiques et mnésiques.**

Nous pouvons trouver la vitamine B6 sous forme de médicaments, seule (Vitamine B6 Richard® 250 mg) et indiquée dans les carences avérées en vitamine B6, ou associée à la vitamine B1 (Vitamines B1 B6 Bayer® contenant **35 mg de pyridoxine**) **en traitement d'appoint de l'asthénie fonctionnelle.** (47) Pour ce qui est des compléments alimentaires, la vitamine B6 est généralement associée au magnésium, **auquel peuvent s'ajouter d'autres vitamines et minéraux.** Parmi les **allégations autorisées par l'EFSA, figurent la contribution au « métabolisme énergétique normal », au « fonctionnement normal du système nerveux », au « métabolisme du glycogène et des protéines », au « fonctionnement normal du système immunitaire » et à la « réduction de la fatigue ».** (26) (48)

La vitamine B9

Le terme « vitamine B9 » **regroupe plusieurs molécules dérivées de l'acide folique** et appelées folates. Les folates sont impliqués dans la synthèse des acides nucléiques (avec la vitamine B12) et aminés et dans celle des neuromédiateurs. Ils jouent un rôle primordial pour les cellules à division rapide (**cellules sanguines, intestinales ...**). **Les ANC en vitamine B9 sont de 300 µg par jour,** normalement couverts par une alimentation équilibrée comprenant légumes **verts, fruits, œufs, fromages affinés.** Une carence peut faire suite à un apport alimentaire insuffisant, une malabsorption intestinale ou des besoins augmentés (grossesse, alcoolisme, certains traitements médicamenteux). (26) (45) (49) Le sportif peut également être confronté à une hausse de ses besoins en folates. (50)

Une carence en folates peut conduire à une anémie macrocytaires, des troubles neurologiques (anxiété, syndrome dépressif, syndrome psychotique) et digestifs, **ainsi qu'à une atteinte des gencives.** Chez la femme enceinte, une carence peut entraîner des malformations congénitales (spina bifida voire anencéphalie), un **retard de croissance, un risque de prématurité accru ...** (45) **A l'inverse, un apport excessif en folates n'est pas sans danger. Ainsi, l'EFSA recommande de ne pas dépasser 1 mg par jour en folates via l'alimentation.** En effet, il semble exister un risque majoré de développer un cancer colorectal ou de la prostate à long terme au-delà de cet apport. De plus, un apport excessif peut masquer une carence en vitamine B12, ce qui peut majorer un risque de dommages neurologiques. (26) Enfin, des doses supérieures à 5 mg par jour pourraient avoir pour conséquences des troubles digestifs, une irritabilité, une confusion, des troubles du sommeil. (45)

Nous retrouvons l'acide folique sous forme de médicaments (0,35 à 5 mg) indiqués dans les anémies consécutives à une carence en folates, mais également lors des périodes péri-conceptionnelles en prévention primaire et **secondaire des anomalies de fermeture du neural. L'acide folique est également** retrouvé dans des compléments alimentaires et peut revendiquer plusieurs allégations autorisées dont celles de contribuer à la réduction de la fatigue et au métabolisme normal des acides aminés. Les produits commercialisés en France ne dépassent pas 0,4 mg par comprimé ou gélule. (26) (45)

Ainsi, chez le sportif, en dehors d'une carence confirmée, une supplémentation en folates peut s'avérer bénéfique en cas de déficit d'apport en folates (régime restrictif ou déséquilibré par exemple), en cas d'entraînement intensif (rôle important dans le métabolisme des protéines) ou pour lutter contre la fatigue. Cependant, les apports ne doivent pas être excessifs en raison de la toxicité potentielle des folates à long comme à court terme. Au-delà des situations précédemment évoquées, les folates ne présentent pas d'intérêt particulier dans l'amélioration des performances sportives. (50)

La vitamine B12

Le terme vitamine B12 rassemble plusieurs molécules regroupées sous le nom de cobalamines et dont la principale est la cyanocobalamine. La vitamine B12, avec **la vitamine B9 comme nous l'avons signalé auparavant, est indispensable à la synthèse d'un acide nucléique et donc à celle de l'ADN.** Elle joue un rôle primordial dans le renouvellement des cellules à division rapide (cellules sanguines, intestinales) mais également dans celui des cellules nerveuses. Les **ANC en vitamine B12 sont de 2,4 µg par jour chez l'adulte. Ils sont légèrement** augmentés lors de la grossesse et chez les personnes âgées. Les cobalamines **sont produites par la flore intestinale et apportées par les produits d'origine animale d'une manière largement suffisante pour couvrir les besoins.** Les carences sont relativement rares puisque **les pertes s'avèrent faibles et le stock corporel important (2 à 4 mg, c'est-à-dire suffisant pour quelques années).** (26) (45) (48)

Malgré cela, quelques rares situations peuvent donner lieu à une carence en vitamine B12 : végétaliens stricts, malabsorption digestive (défaut de liaison au **facteur intrinsèque, maladie de Biermer, gastrectomie, personnes âgées ...**). Une carence en vitamine B12 peut donner lieu à une anémie mégalo-blastique. A l'inverse, **une dose excessive en vitamine B12 ne semble pas induire de signes de toxicité (pas de limite de sécurité définie).** Cependant, l'ingestion d'une forte dose de **vitamine B12 présente peu d'intérêt puisque seulement 5 µg peuvent être absorbés en une prise.** (26) (45)

La vitamine B12 est présente à la fois dans des médicaments et dans des compléments alimentaires. Les médicaments (Vitamine B12 Gerda® 1000 µg/2 mL solution buvable ou injectable en intramusculaire ou 250 µg comprimés sécables par exemple) sont indiqués dans les déficits prouvés en vitamine B12

dus à un défaut d'absorption (voie injectable) et dans les anémies par carence d'apport alimentaire en vitamine B12 chez les végétaliens stricts depuis plus de 4 ans (voie orale). (47) Concernant les compléments alimentaires, les doses de vitamine B12 varient de 1 à 60 µg et l'EFSA autorise plusieurs allégations dont la contribution au « métabolisme énergétique normal », à « la division cellulaire » et à « la réduction de la fatigue ». (48)

b) La vitamine C

La vitamine C ou acide ascorbique fait partie du groupe des vitamines hydrosolubles. Elle intervient dans de nombreux processus au sein de l'organisme parmi lesquels nous pouvons citer la synthèse du collagène et des catécholamines mais aussi l'absorption et le stockage du fer. (45) Il s'agit également d'un puissant antioxydant, notamment pour le fer ferrique qu'il réduit en fer ferreux. (43) La vitamine C doit être apportée de manière quotidienne à l'organisme puisque notre organisme n'est pas capable d'en synthétiser et qu'il ne possède pas de réserve. Les ANC sont de 110 mg par jour et sont augmentés pendant la grossesse et l'allaitement, chez les personnes âgées, les fumeurs et dans certaines pathologies. La consommation de 500 g de fruits et légumes par jour permet de couvrir ces besoins. Toutefois, la richesse en vitamine C est variable d'un végétal à l'autre. Parmi les fruits et légumes les plus riches en acide ascorbique, nous pouvons citer le persil, le cassis, les agrumes, la famille des choux, les fraises ... S'agissant d'une vitamine thermolabile, il est important de conseiller de manger quotidiennement au moins un fruit ou légume cru. (26) (45) (48)

Bien qu'elle soit devenue rare, la carence en vitamine C, peut entraîner après plusieurs mois une pathologie qui a décimé de nombreux équipages maritimes entre le XV^{ème} et le XVIII^{ème} siècle : le scorbut. Cette pathologie se manifeste par des signes généraux (asthénie, anorexie, amaigrissement), une gingivite, des douleurs articulaires et/ou musculaires puis un syndrome hémorragique. Sans traitement, le scorbut peut entraîner un coma mortel. Un état de déplétion en acide ascorbique serait, quant à lui, un facteur de risque de développer certains types de cancers, une maladie cardiovasculaire, des troubles cognitifs ou une cataracte. (45) (48) Pour ce qui est de l'excès en vitamine C, la limite de sécurité est fixée à 1000 mg par jour. (44) Cependant, un apport journalier de plus de 3 g entraîne des effets indésirables digestifs (diarrhées, ballonnements, nausées, vomissements ...). Il semble également probable que de fortes doses de vitamine C, prises au long cours, favorisent le développement de calculs rénaux. (26) (45) De plus, la vitamine C étant une substance anti-oxydante, sa prise en excès pourrait induire un effet pro-oxydant non désiré (ce que nous aborderons ultérieurement). (51)

Nous pouvons retrouver la vitamine C sous forme médicamenteuse ou sous forme de compléments alimentaires. Au-delà d'une dose journalière fixée à 180 mg, la vitamine C ne devrait plus faire partie de compléments alimentaires. (26) En tant que médicaments, l'acide ascorbique peut être prescrit dans des cas

d'insuffisance d'apport (nutrition parentérale par exemple), dans les anémies par carence martiale, dans certaines affections rhumatismales, dans les retards de cicatrisation et dans le traitement d'appoint de l'asthénie fonctionnelle. (26) (36) Concernant les compléments alimentaires, l'EFSA autorise diverses allégations santé parmi lesquelles nous pouvons citer la contribution « au rendement normal du métabolisme énergétique », « à la protection des cellules du le stress oxydant » et « à la diminution de l'asthénie et de la fatigue ». (48)

La vitamine C synthétique est absorbée par l'appareil digestif de la même façon que la vitamine C naturelle. (52) Si l'efficacité est la même, la consommation de fruits et légumes, apportant donc de la vitamine C naturelle, présente l'avantage de fournir également des substances intéressantes pour l'organisme, comme des fibres ou des flavonoïdes. (45)

Le sportif, du fait de sa dépense énergétique, peut avoir des besoins augmentés en vitamine C, cette dernière étant essentielle dans la réparation tissulaire et la récupération. (5) **C'est pourquoi, une allégation santé est autorisée par l'EFSA pour un apport supérieur à 200 mg par jour (au-delà des apports maximaux recommandés ...)** : le maintien « des fonctions immunitaires normales pendant et après un exercice physique intense ». (26) Une alimentation équilibrée suffit généralement à compenser cette augmentation des besoins. Si elle est prise en **excès, l'effet pro-oxydant** pourrait, en revanche, nuire à la réparation cellulaire. (51) **De plus, la complémentation en vitamine C n'améliore pas les performances. (53)**

2. Le magnésium

Le magnésium est un minéral indispensable à l'organisme puisqu'il intervient dans de très nombreux processus (plus de 300). Le tissu osseux et les dents concentrent la moitié du magnésium présent dans l'organisme. L'autre moitié est principalement intracellulaire et joue un rôle primordial dans le métabolisme énergétique (métabolismes glucidiques, lipidiques et protéiques), dans la synthèse des acides nucléiques, dans la transmission de l'influx nerveux et dans la contraction et la relaxation musculaire. Les ANC sont de 6 mg/kg/jour chez l'adulte. Les besoins sont accrus au cours de la croissance, de la grossesse et de l'allaitement. Le magnésium est présent dans les légumes secs, le cacao, le chocolat, les bananes, certaines eaux minérales, les noix, noisettes et amandes, les poissons et fruits de mer, les céréales complètes, les légumes à feuilles vert foncé ... (26) (48)

Les insuffisances d'apport en magnésium semblent toucher une grande partie de la population française. Des déficits, voire des carences en magnésium, peuvent se manifester par une hyperexcitabilité neuromusculaire (crampes, tétanie, tremblements, nervosité...), mais aussi par de la fatigue, une perte d'appétit, des nausées, un rythme cardiaque irrégulier... Le magnésium étant principalement intracellulaire, il n'est pas aisé d'objectiver une carence en magnésium, en dehors de ces signes cliniques. A l'opposé de la carence, l'excès de magnésium

(plus de 350 mg par jour) peut se manifester par des effets indésirables d'ordre digestifs (diarrhées). Cet effet laxatif est principalement retrouvé avec les sels inorganiques de magnésium (chlorure, hydroxyde, carbonate). De plus, des précautions sont à prendre afin de ne pas conseiller une complémentation magnésienne chez des insuffisants rénaux, des personnes souffrant de myasthénie ou des personnes traitées par certains médicaments (certains antibiotiques, bisphosphonates). (26) (48)

Le magnésium est présent dans de nombreux compléments alimentaires à la dose journalière maximale **de 300 mg, souvent associé au calcium (puisque une déficience magnésienne est souvent accompagnée d'une déficience calcique) et à la vitamine B6, voire à d'autres vitamines ou oligo-éléments.** L'EFSA autorise aux fabricants plusieurs allégations santé dont la contribution « au métabolisme énergétique normal », « au fonctionnement normal des muscles » et « à la réduction de la fatigue ». (26) (48)

Chez le sportif, l'exercice physique peut avoir pour conséquence une diminution des réserves en magnésium et donc une augmentation de ses besoins. (48) Cependant, les études sur la complémentation ne permettent pas de tirer de conclusion quant à son intérêt. Il semble que la complémentation soit utile chez **un sportif ayant une déficience magnésienne.** Toutefois, il n'y aurait aucun intérêt chez un sportif dont les apports en magnésium via l'alimentation sont suffisants.

3. Le fer

Le fer est un oligoélément essentiel à l'organisme. Nous pouvons distinguer le fer héminique (fer ferreux Fe^{2+}) du fer non héminique (fer ferrique Fe^{3+}). Le fer héminique, la principale forme retrouvée dans l'organisme, est un constituant **essentiel de l'hémoglobine, mais également de la myoglobine.** Les autres formes de fer sont des formes de réserve (lié à la ferritine ou à l'hémosidérine) ou de transport (lié à la transferrine). Le fer joue également un rôle primordial dans de nombreux processus : métabolisme énergétique, métabolisme des catécholamines, synthèse de l'ADN, défenses immunitaires... (26) Les ANC varient en fonction de l'âge, du sexe mais aussi en fonction d'états physiologiques (grossesse) ou pathologiques. Ainsi, les ANC chez l'homme adulte et la femme ménopausée sont de 9 mg par jour, tandis que chez la femme en âge de procréer, ils sont de 16 mg par jour (25 à 35 mg par jour chez la femme enceinte). (48) Les sources en fer sont diverses : nous pouvons distinguer le fer **d'origine animale, héminique et le mieux absorbé, et présent dans les abats, les viandes et poissons, du fer d'origine végétale (légumes verts, céréales, noix...),** non héminique et moins facilement absorbé. La vitamine C augmente l'absorption du fer. (26) (48)

Une carence ferrique peut entraîner une anémie ferriprive dont les symptômes **sont plus ou moins marqués en fonction de la sévérité de l'anémie** (pâleur, fatigue, difficultés de concentration, somnolence, irritabilité, infections à

répétition ...). Certaines personnes présentent davantage de risques de carence : femmes en âge de procréer, végétaliens, sportives, enfants en pleine croissance, personnes donnant régulièrement leur sang ... **Une supplémentation martiale ne doit être débutée qu'en cas de déficit avéré. En effet, il ne faut pas négliger la toxicité du fer : effet pro-oxydant à forte dose, troubles digestifs (constipation, nausées, diarrhées, vomissements), troubles cardiaques, hépatiques ...** (26) (48)

Malgré l'avis médical dont il est nécessaire de disposer avant d'entreprendre une supplémentation martiale, et en plus des médicaments existants, il existe des compléments alimentaires contenant du fer à des dosages pouvant aller jusqu'à 30 mg (60 à 100 mg pour les médicaments). (26) (47) Ces compléments alimentaires peuvent revendiquer contribuer notamment « au métabolisme énergétique normal », « à réduire la fatigue » et « au fonctionnement normal du système immunitaire ». (26) (48)

Contrairement à une idée assez répandue, **en l'absence de déficit ferrique, la prise de fer n'améliore pas les performances sportives.** (54) Toutefois, il semble important de surveiller le statut martial chez les femmes sportives, surtout si elles pratiquent une discipline d'endurance ou si elles sont végétariennes, leurs besoins pouvant être augmentés de 70%. (55)

4. La caféine

La caféine, substance stimulante par excellence, est présente dans certains compléments alimentaires. Largement abordée dans la partie sur les produits alimentaires destinés aux sportifs, nous nous contenterons de signaler que les **fabricants ne peuvent revendiquer ni la perte de poids, ni l'augmentation des performances physiques, ni l'apparition retardée de la fatigue à l'effort, ni l'augmentation de la vigilance, ces allégations étant interdites pas l'EFSA depuis 2012.** (48)

Enfin, l'Anses, dans des recommandations datant de novembre 2016, **déconseille l'utilisation de compléments alimentaires contenant de la caféine « avant et pendant une activité sportive », ainsi que « chez les sujets sensibles à cette substance ».** (56)

5. Les plantes adaptogènes

Les plantes adaptogènes (ginseng et éléuthérocoque principalement) ont la **propriété d'aider l'organisme à s'adapter à la fatigue et au stress.** (26)

a) Le ginseng

La plante adaptogène la plus connue est de loin le ginseng (*Panax ginseng*). Sa racine est employée comme tonifiant, **stimulerait l'appétit et les défenses immunitaires et améliorerait les performances sportives.** Son usage contre la **fatigue est d'ailleurs reconnu par l'OMS.** (12) (26)

De nombreuses études ont été effectuées sur les effets supposés des ginsengs : **aucune influence n'a été démontrée. De plus, il existe des précautions à prendre** avant de conseiller un complément à base de ginseng puisque les femmes enceintes ou allaitantes, les enfants, les personnes hypertendues, souffrant de **pathologies cardiaques et/ou diabétiques sont à exclure d'une telle** supplémentation. La supplémentation doit être effectuée sous contrôle médical chez les patients traités par anticoagulants, inhibiteurs de la monoamine oxydase ou triptans. (12) (26)

Les effets **indésirables d'une surconsommation de ginseng sont multiples** : nervosité, insomnie, irritabilité, diarrhée, augmentation de la pression artérielle et palpitations. Ces effets indésirables peuvent être majorés par une consommation simultanée de caféine, qui **est donc à éviter. Il n'est pas** recommandé de consommer du ginseng le soir. Les cures à base de ginseng ne devraient pas durer plus de 3 mois. (12) (26)

b) L'éleuthérocoque

L'éleuthérocoque (*Eleutherococcus senticosus*), parfois appelé ginseng sibérien, est également une plante dite adaptogène. Sa racine est employée pour lutter contre la fatigue, en période de stress, ou encore pour augmenter les performances physiques. (26) (48)

L'éleuthérocoque est contre-indiqué chez les personnes souffrant d'hypertension artérielle sévère. Sa prise n'est pas à conseiller chez la femme enceinte ou allaitante, chez l'enfant, en cas de pathologies cardiaques, en cas d'antécédents de cancer hormonodépendant et chez les personnes traitées par anticoagulants ou antidiabétiques. Les effets indésirables sont principalement des céphalées, de l'irritabilité, de l'hypertension artérielle et des insomnies. Ce type de compléments alimentaires ne doit donc pas être conseillé chez des personnes nerveuses ou ayant des troubles du sommeil. La prise doit être évitée le soir. Enfin, les cures à base d'éleuthérocoque ne doivent pas durer plus d'un trimestre. (26) (48)

6. Tableau récapitulatif

Tableau XVIII : tableau récapitulatif des vitamines et oligoéléments pouvant être utilisés pour réduire la fatigue

| Vitamines ou oligoéléments | Principales sources alimentaires | Causes des carences ou déficiences | Intérêt chez le sportif, allégations reconnues par l'EFSA | Risques d'un surdosage |
|----------------------------|--|--|---|---|
| Vitamine B1 | Céréales, levures, viandes, légumineuses | Alcoolismes, MICI, chirurgie gastrique | Contribue au métabolisme énergétique normal, au fonctionnement normal du cœur et du SNC, aux capacités intellectuelles normales | Pas de toxicité connue |
| Vitamine B2 | Abats, jaunes d'œuf, produits laitiers, viandes, poissons, céréales complètes, levure de bière | Alcoolisme, cirrhose, malnutrition | Contribue au métabolisme énergétique normal, au métabolisme normal du fer, à la protection des cellules contre les radicaux libres, à la réduction de la fatigue | Diarrhée |
| Vitamine B3 | Viandes, poissons, abats, légumes, levure de bière | Alcoolisme, cirrhose, MICI | Contribue au métabolisme énergétique normal, aux fonctions physiologiques normales, à la réduction de la fatigue | Rougeurs cutanées, prurit, maux de tête ou de ventre, aggravation du diabète ou des problèmes hépatiques Nombreuses interactions médicamenteuses |
| Vitamine B5 | Céréales complètes, lait, jaunes d'œuf, lentilles Synthétisée par la flore intestinale | | Contribue au métabolisme énergétique normal, à la réduction de la fatigue | Pas de toxicité connue |
| Vitamine B6 | Levure de bière, foie, poissons, noix, germes de blé, fruits, légumes | Alcoolisme, MICI, traitement par isoniazide, contraception oestro-progestative | Contribue au métabolisme énergétique normal, au fonctionnement normal du système nerveux, au métabolisme du glycogène et des protéines, au fonctionnement normal du système immunitaire, à la réduction de la fatigue | Neuropathies, désordres neurologiques et mnésiques, troubles digestifs |

| | | | | |
|--------------|---|---|--|---|
| Vitamine B9 | Légumes verts, fruits, œufs, fromages affinés | Apport insuffisant, malabsorption intestinale, besoins accrus (grossesse, alcoolisme, certains traitements médicamenteux) | Besoins accrus chez le sportif (métabolisme protéique) Contribue à lutter contre la fatigue, au métabolisme normal des acides aminés | Cancer de la prostate ou colorectal à long terme Peut masquer une carence en vitamine B12 avec un risque de dommages neurologiques Troubles digestifs, irritabilité, confusion, troubles du sommeil |
| Vitamine B12 | Synthétisée par la flore intestinale Produits d'origine animale | Régimes végétaliens, malabsorption digestive | Contribue au métabolisme énergétique normal, à la division cellulaire, à la réduction de la fatigue | Pas de toxicité connue (absorption limitée) |
| Vitamine C | Fruits et légumes (agrumes, persil, cassis, fraises, choux ...) Attention : vitamine thermolabile | Besoins augmentés lors de la grossesse, de l'allaitement, chez les personnes âgées, les fumeurs, dans certaines pathologies | Contribue au rendement normal du métabolisme énergétique, à la protection des cellules contre le stress oxydant, à la diminution de la fatigue et de l'asthénie > 200 mg : maintien des fonctions immunitaires normales pendant et après un effort physique intense | Troubles digestifs Favorise la formation de calculs rénaux au long cours Effet pro-oxydant |
| Magnésium | Légumes secs, cacao, bananes, certaines eaux minérales, noix, noisettes, amandes, poissons, fruits de mer ... | Déficit d'apport fréquent Besoins augmentés lors de la croissance, la grossesse, l'allaitement | Contribue au métabolisme énergétique normal, au fonctionnement normal des muscles, à la réduction de la fatigue | Diarrhée Ne pas conseiller en cas d'insuffisance rénale, de myasthénie ou en cas de traitement par antibiotiques et bisphosphonates |
| Fer | Viandes, abats, poissons, légumes verts, céréales, noix | Besoins augmentés : grossesse, femmes en âge de procréer, végétaliens, sportives, enfants en croissance, donneurs de sang | Contribue au métabolisme énergétique normal, à la réduction de la fatigue, au fonctionnement normal du système immunitaire | Uniquement sur avis médical en cas de déficit ou carence Troubles digestifs Troubles cardiaques et hépatiques Effet pro-oxydant |

La fatigue, souvent ressentie par le sportif, n'est pas forcément le reflet d'une carence en vitamines ou en micronutriments. Elle peut simplement être le signe **d'un surentraînement et le signal pour « lever le pied »**. Si 20,3% des participants à notre enquête disent se supplémenter pour combler un état de carence confirmé, cet état de carence a-t-il été réellement objectivé ? En effet, à **l'exception des dosages de la ferritinémie, des folates érythrocytaires et des dosages plasmatiques ou sériques de la vitamine B12 dans un contexte d'anémie, les explorations en vitamines et micronutriments ne sont à effectuer que par des spécialistes en raison de leur spécificité et de leur interprétation complexe.**

b) Le développement musculaire et la perte de masse grasse

Si l'acquisition d'une plus grande puissance ne semble pas être la principale préoccupation des athlètes ayant participé à notre enquête (7,7%) (tableau I), il s'agit souvent d'un objectif affiché de la supplémentation chez de nombreux sportifs. Notre enquête, s'adressant uniquement à des adeptes d'athlétisme, montre les différences qui existent en fonction des disciplines. Ainsi, le développement de plus de puissance semble davantage intéresser les lanceurs (22,2% de ceux consommant des compléments alimentaires) et les sprinteurs de distances courtes (17,4% de ceux consommant des compléments alimentaires) (tableau X). Il serait intéressant d'obtenir des résultats dans le milieu de l'haltérophilie ou du rugby par exemple.

L'Anses a publié en novembre 2016 un avis sur les compléments alimentaires destinés aux sportifs pour le développement musculaire et la perte de masse grasse. C'est pourquoi, il nous a semblé important de faire un point sur ce type de compléments alimentaires. Nous aborderons uniquement les substances autorisées en France et donc susceptibles d'être retrouvées dans des compléments alimentaires en officine.

1. Les protéines, acides aminés et dérivés

Comme évoqué dans la partie sur les produits alimentaires chez le sportif, la frontière entre produits alimentaires protéinés et compléments alimentaires protéinés n'est pas facile à définir, certains produits pouvant s'approcher des deux définitions.

Nous pouvons retrouver des protéines (protéines de lactosérum et caséines), des acides aminés essentiels (leucine, isoleucine et valine ou acides aminés à chaîne ramifiée ou BCAA), des acides aminés non essentiels (glutamine, L-tyrosine, β -alanine, arginine), des dérivés d'acides aminés (β -hydroxy- β -méthylbutyrate ou HMB et α -cétoisocaproate qui sont des métabolites de la leucine), la créatine. (57)

Parmi ces composants, seules les protéines et la créatine possèdent des allégations validées par l'EFSA quant à l'activité physique. Ainsi, les fabricants peuvent utiliser les allégations suivantes pour les protéines : elles « contribuent

au maintien de la masse musculaire » et « à augmenter la masse musculaire ». (57) **Quant à la créatine, les fabricants ont l'autorisation d'arguer qu'elle contribue à « augmenter les performances physiques lors d'efforts courts, intenses et répétés, si et seulement si la dose journalière recommandée est de trois grammes de créatine ».** (48)

Conformément à ce qui a été indiqué dans la partie sur les produits alimentaires, **la supplémentation à base de protéines et d'acides aminés peut au long cours entraîner des effets indésirables rénaux.** Ainsi, ce genre de compléments alimentaires doit être évité chez les personnes souffrant déjà de problèmes rénaux, hépatiques et chez celles avec des antécédents de goutte ou de coliques néphrétiques. (12)

a) La créatine

La créatine est transformée dans le muscle en phosphocréatine, ce qui fournit de **l'énergie pour des efforts brefs et intenses. Elle est produite par le foie et les reins à partir de trois acides aminés (arginine, glycine et méthionine), mais également apportée par l'alimentation (viandes, poissons), ce qui permet de couvrir les besoins de l'organisme (1,5 à 3 g par jour).** (12)

Les sportifs utilisant la créatine espèrent augmenter leur puissance, mais aussi **leur volume musculaire. Il a été montré dans plusieurs études que l'ingestion de créatine s'accompagne d'une augmentation de la capacité à répéter des efforts musculaires brefs et intenses.** (12) Cette propriété serait davantage constatée chez des personnes ne pratiquant pas une activité physique régulière. (5) **Cette allégation est autorisée par l'EFSA, contrairement à d'autres allégations désormais interdites (« augmenter les capacités d'endurance », « favoriser l'augmentation du volume musculaire » ...).** (48)

La supplémentation en créatine s'accompagne souvent d'une prise initiale de poids pouvant aller de 500 g à 2 kg et principalement due à une augmentation de la masse maigre mais aussi à une rétention d'eau. (5) (16) (48) Une étude menée chez des culturistes montre un gain de puissance et masse musculaires plus important dans le groupe prenant de la créatine en plus des glucides et des protéines. (58) Toutefois, environ un tiers des sportifs ne réagissent pas à la **créatine, qu'il s'agisse du développement musculaire ou de l'amélioration des performances.** (22)

La prise quotidienne de moins de 3 g de créatine par jour est considérée comme **non pourvoyeuse d'effets indésirables par l'EFSA.** (57) Il faut cependant souligner que les doses généralement recommandées par les fabricants sont de **20 g par jour réparties en 4 à 5 prises. La littérature fait l'état de certains effets indésirables probablement liés à la prise de créatine :** néphrite interstitielle (chez un jeune homme consommant 20 g par jour de créatine) (59), rhabdomyolyse provoquant une insuffisance rénale aiguë (60), troubles digestifs (nausées, **diarrhée, douleurs abdominales ...)** (12). De plus, la prise de créatine aggraverait

des pathologies rénales existantes et pouvant être inconnues du consommateur. (61) **Les connaissances actuelles ne permettent pas d'établir si la créatine engendre une néphrotoxicité sur le long terme (en l'absence initiale de pathologie rénale).** (57)

Ainsi, il est important qu'une supplémentation en créatine soit accompagnée d'une hydratation satisfaisante et ne soit pas conseillée en cas de pathologies rénales. (12) (57) **L'hydratation du sportif s'avère d'autant plus importante puisque certaines études suggèrent une augmentation de l'apparition de crampes chez les athlètes consommant de la créatine.** (56)

b) Les protéines

Nous avons largement abordé les protéines dans la partie sur les produits alimentaires. Nous allons simplement préciser quelles sont les protéines principalement retrouvées dans les compléments alimentaires destinés au gain de masse musculaire.

Nous retrouvons essentiellement des protéines issues du lait : les protéines de lactosérum (issues des glandes mammaires et du sérum) et la caséine. **Ces deux types de protéines permettent d'apporter une variété importante d'acides aminés.** (26) (57) **La très bonne digestibilité des protéines de lactosérum en fait une excellente source protéique d'après-effort, d'où leur présence dans la composition de nombreuses boissons de récupération.** (26)

c) Les acides aminés à chaîne ramifiée ou BCAA

Les BCAA, substrats énergétiques oxydés dans le muscle, regroupent trois acides aminés essentiels : **la valine, la leucine et l'isoleucine. Ils doivent donc être apportés par l'alimentation au moyen de viandes, poissons, œufs, produits laitiers.** (12) (26) Ils sont directement absorbés au niveau musculaire, sans subir de métabolisme hépatique. (22)

Les BCAA sont souvent conseillés chez le sportif puisqu'ils constituent des sources d'énergie pour les muscles. De plus, la leucine stimule la synthèse des protéines au niveau musculaire. Toutefois, aucun effet positif sur les performances n'a été démontré par des études (62) (63) **et aucune allégation santé ne peut être utilisée par les fabricants puisque l'EFSA n'en reconnaît aucune.** (12) (26) **Il semblerait toutefois qu'une supplémentation en BCAA puisse améliorer la récupération musculaire.** (63)

Une supplémentation en BCAA augmente la production d'ammoniaque, ce qui pourrait générer une toxicité centrale et être un facteur prédisposant aux blessures. (5) (64) De plus, la leucine, via la voie mTOR, stimule la synthèse protéique. (65) **Cependant, cette voie est impliquée dans l'activation d'oncogènes, ce qui peut questionner sur la toxicité à long terme d'une telle supplémentation.** Enfin, les effets à long terme sur le rein restent une source de

crainces et il convient de prendre les précautions nécessaires avant de conseiller ce type de compléments alimentaires, et de respecter les consignes d'utilisation.

d) L'arginine

L'arginine est un acide aminé pouvant être synthétisé de manière endogène à partir de l'ornithine en quantité suffisante pour couvrir les besoins de l'organisme. Il ne s'agit donc pas d'un acide aminé essentiel et il n'est pas défini d'ANC. En tant que précurseur de la créatine, l'arginine joue un rôle primordial dans le métabolisme énergétique musculaire. Elle participe à d'autres processus comme la sécrétion d'hormone de croissance, d'insuline, de glucagon, de prolactine et de catécholamines. (12) (57)

Cet acide aminé est très populaire dans le milieu du sport dans l'objectif de développer la masse maigre. Elle est aussi parfois proposée car elle serait intéressante pour lutter contre la fatigue et stimuler le système immunitaire. Toutefois, l'absence de preuves dans ces indications a conduit L'EFSA à n'autoriser aucune allégation à propos de l'arginine. (12) (57)

Les effets indésirables provoqués par l'arginine (diarrhées, nausées, douleurs abdominales) apparaissent pour des doses supérieures à 15 g d'arginine, la majorité des compléments alimentaires contenant 10 g d'arginine en consommation journalière. (26) (48) La supplémentation en arginine ne doit pas être conseillée chez certaines personnes : elle est contre-indiquée chez les personnes ayant des antécédents d'infarctus du myocarde, et déconseillée en cas d'insuffisance rénale ou hépatique et chez des patients traités par antihypertenseurs (potentialisation de l'effet hypotenseur, risques d'hyperkaliémie en association aux diurétiques ou aux inhibiteurs de l'enzyme de conversion). Des précautions sont à prendre chez les personnes diabétiques. (26) (57)

e) La glutamine

La glutamine est un acide aminé qui est à la fois apporté par l'alimentation et synthétisé de manière endogène par les muscles squelettiques. Cet acide aminé est dit conditionnellement indispensable puisque sa synthèse par l'organisme peut s'avérer insuffisante dans certaines situations (chirurgie lourde, polytraumatismes ...). (26) (57) La glutamine s'avère être un acteur primordial dans le métabolisme azoté, notamment pour la synthèse des acides aminés. Il s'agit d'un précurseur de l'ornithine et donc de l'arginine et de la créatine. Son rôle dans le métabolisme énergétique est donc essentiel, d'autant que sa désamination permet d'obtenir un intermédiaire du cycle de Krebs (alpha-cétoglutarate). La glutamine s'avère être un acide aminé très important pour les cellules à renouvellement rapide (dont les cellules immunitaires). (26)

Au-delà des rôles énergétique et musculaire pour lesquels la glutamine peut être proposée chez le sportif, la lutte contre le surentraînement est également prétexte à la supplémentation puisqu'elle permettrait, à des doses quotidiennes

allant de 5 à 10 g, un maintien des défenses immunitaires à un niveau satisfaisant. Cependant, aucune allégation santé ne peut être revendiquée par **les fabricants, l'EFSA n'en autorisant aucune.** (26)

Les précautions d'emploi sont les mêmes que pour les acides aminés d'une manière globale, c'est-à-dire de ne pas l'utiliser en cas d'insuffisance hépatique et rénale. (26)

f) Autres effets indésirables

En dehors des effets indésirables rénaux précédemment évoqués dans la partie **sur les produits alimentaires, d'autres effets indésirables ont été recensés.** Ce type de compléments alimentaires semble pouvoir provoquer des effets indésirables hépatiques, comme le laissent suggérer certaines publications. Ainsi, un jeune homme de 17 ans a contracté une hépatite qui, après exclusion des **autres étiologies, s'est révélée être d'origine toxique.** Les différents types de toxiques ayant été écartés (alcool, médicaments ...), **l'hépatite toxique a été** reliée à la prise de produits spécifiques au développement musculaire chez le sportif contenant des protéines de lactosérum, de la L-carnitine, des acides aminés et de la créatine, sans que la substance responsable soit identifiée formellement. (66) De même, un cas de cholestase a été décrit chez un homme de 27 ans ayant consommé des protéines de lactosérum et de la créatine. (67) Le mécanisme de ces troubles hépatiques liés à ce type de supplémentation est actuellement inconnu.

2. Le chrome

Le chrome est un oligoélément essentiel à l'organisme, notamment pour ce qui est du métabolisme des acides gras et des protéines, mais aussi des glucides puisqu'il augmente l'efficacité de l'insuline. Cet oligoélément permettrait une conservation de la masse musculaire, mais ce rôle est controversé. Il est présent en quantités importantes **dans la levure de bière, le foie, le jaune d'œuf, les fruits oléagineux, les céréales.** Cependant, les ANC (60 µg par jour) sont rarement atteints. (12) (26)

Aucune limite de sécurité n'a été fixée par l'EFSA qui considère toutefois qu'il n'y a pas de risque de toxicité pour une dose journalière inférieure à 300 µg/kg de poids corporel/jour. (57) Toutefois, **l'OMS juge que la supplémentation en chrome ne doit pas excéder une dose journalière de 250 µg.** (26)

Son utilisation dans le but d'augmenter la masse musculaire n'a été démontrée par aucune étude. (12) **De plus, l'EFSA n'autorise pas cette allégation.** (26)

3. Le vanadium

Le vanadium est un minéral dont l'absorption par le duodénum est faible. Il est faiblement présent dans l'alimentation et nous le retrouvons surtout dans les épices, les champignons et les coquillages. (57) **Lors d'études réalisées sur des**

cellules en culture, il a été observé que le vanadium entraînerait un stockage accru du glucose dans les cellules. (48)

Cette observation a entraîné la supplémentation en vanadium chez les patients **diabétiques mais l'intérêt d'une telle supplémentation n'a pas été prouvé**. Ce minéral est également présent dans certains compléments alimentaires dont le but est de développer la masse musculaire chez le sportif, mais là encore aucune **preuve d'efficacité n'a été apportée**. (48)

La limite de sécurité concernant l'apport de vanadium est de 100 µg par jour, **apport souvent dépassé lors d'une supplémentation puisqu'on l'estime à 3 µg/kg de poids corporel/jour**. (57) Des troubles digestifs sont décrits chez les **personnes dont l'apport en vanadium est trop important, ainsi qu'une coloration de la langue en vert**. (48) Une néphrotoxicité a également été mise en évidence chez le rat, ce qui doit inciter à la prudence quant à la consommation de ce type de compléments alimentaires. (57)

4. La caféine

La caféine est souvent présente dans les compléments alimentaires dont le but **est l'amaigrissement**. Les aspects concernant cette substance ont largement été abordés auparavant.

5. Les recommandations de l'Anses

L'expertise de l'Anses a été mise en jeu suite à **49 cas d'effets indésirables** signalés dans le cadre du dispositif de nutriviigilance. Malheureusement, seuls 17 cas ont pu être approfondis, les autres ne pouvant pas être exploités (manque de **données**), et **8 d'entre eux ont été classés comme « d'imputabilité vraisemblable »** à la prise de compléments alimentaires pour le développement musculaire ou la perte de masse grasse. Les effets indésirables décrits sont principalement cardiovasculaires (tachycardie, troubles du rythme, accident vasculaire cérébral) et psychiatriques (troubles anxieux et nervosité). (57)

Cependant, il convient de mentionner que de nombreux compléments alimentaires **étudiés par l'Anses contiennent des substances interdites en France** dans les compléments alimentaires (stéroïdes anabolisants, clenbutérol, **éphédrine et analogues...**), ce qui soulève le problème de l'**approvisionnement via internet (lieu d'achat privilégié des sportifs ayant contracté des effets indésirables) ou dans les salles de sport, ou par l'AMA (principalement dihydroépiandrostérone ou DHEA)**. Ainsi, l'Anses conseille aux sportifs de ne consommer que des produits possédant la norme AFNOR (Association Française de Normalisation) NF V 94-001. (57) Cette norme, si elle est inscrite sur les **produits et compléments alimentaires, permet d'affirmer que le produit en question ne contient que des substances autorisées par l'AMA**. (68)

Certaines recommandations de l'Anses sont **générales** : ne pas consommer de caféine avant et pendant une activité physique, ne pas associer plusieurs

compléments alimentaires, ne pas les utiliser en association avec des médicaments, sensibiliser l'entourage du sportif (dirigeants, entraîneurs, etc.) aux risques des compléments alimentaires ... D'autres recommandations s'adressent à des populations particulières. L'Agence déconseille la consommation de ce type de compléments alimentaires aux personnes « présentant des facteurs de risques cardiovasculaires ou souffrant de cardiopathie ou d'une altération de la fonction rénale ou hépatique ou encore des troubles neuropsychiatriques », aux femmes enceintes ou allaitantes, aux enfants et adolescents. De plus, la prise de caféine est déconseillée aux personnes sensibles à cette substance. (57)

6. Conclusion

L'exercice physique reste le paramètre essentiel au développement musculaire. Les compléments alimentaires, loin de constituer des produits miracles, peuvent fournir une aide infime à ce développement, mais ne peuvent remplacer l'exercice musculaire sans lequel un accroissement de la masse musculaire est impossible. Le gain de masse musculaire ne peut d'ailleurs excéder 10 à 15 % de la masse originelle sans recourir au dopage. (16) Si la supplémentation protéique peut s'avérer intéressante chez les végétariens et végétaliens, elle ne remplace pas une alimentation équilibrée, d'autant que le coût n'est pas négligeable (1 g de protéines peut coûter jusqu'à 4 fois plus dans les produits et compléments alimentaires protéines !). (22) Par ailleurs, la SFNS estime que, même pour les sports de force, l'alimentation est suffisante à la couverture des apports et que toute supplémentation devrait être effectuée sous contrôle médical. (69) Enfin, il est nécessaire d'être prudent quant à la toxicité de ces compléments alimentaires, notamment chez des sportifs souffrant de pathologies rénales méconnues. (22)

c) Favoriser la récupération

Si la lutte contre la fatigue peut rejoindre l'objectif d'une meilleure récupération, certains sportifs peuvent consommer un certain type de compléments alimentaires afin de parvenir à une récupération optimale : il s'agit des antioxydants parmi lesquels nous pouvons citer les vitamines C et E et le bêta-carotène. Dans notre enquête, plusieurs réponses quant à l'objectif de la supplémentation ont été données dans ce sens comme « une récupération plus rapide » ou « une aide à la réparation musculaire ».

1. La production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène lors de la pratique sportive

Les espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO) sont produites pendant l'exercice physique (mécanismes primaires) mais également en post-exercice (mécanismes secondaires). Bien que clairement décrits sur des modèles animaux, ils restent difficilement applicables à l'Homme, d'autant plus que les marqueurs biologiques du stress oxydant ne sont pas standardisés et s'avèrent difficilement interprétables.

Les mécanismes primaires sont multiples :

- **Une augmentation de l'activité mitochondriale musculaire** provoque par conséquent une augmentation de la consommation de dioxygène et donc **une production accrue d'ERO**. (70)
- Une hémolyse intravasculaire, retrouvée dans les pratiques traumatisantes **telles que la course à pied, avec une libération d'hémoglobine et de myoglobine** qui, lors de leur dégradation, produisent des ERO (réaction de Fenton). (71)
- Production des ERO via les cytochromes P450 hépatiques de façon proportionnelle à la consommation en dioxygène. (71)
- Selon des modèles animaux (chez le rat), la NADPH oxydase semble être **activée en situation d'exercice prolongé et épuisant, avec libération d'ERO**. (70) (72)
- Les **catécholamines, dont la production est augmentée durant l'exercice, possèdent la propriété d'augmenter le métabolisme oxydant du myocarde et des muscles striés squelettiques par l'intermédiaire des récepteurs bêta-adrénergiques**. (70)
- Les peroxyosomes **sont les organites cellulaires impliqués dans l'oxydation non mitochondriale des acides gras et acides aminés**. Durant un exercice prolongé, les acides gras sont le principal substrat énergétique pour le myocarde et les muscles squelettiques. Une privation prolongée de **nourriture entraîne une augmentation de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)**. (70)

Les mécanismes secondaires sont de deux types :

- Les **lésions apparaissant suite à la pratique sportive entraînent l'afflux et l'activation de polynucléaires neutrophiles qui libèrent des ERO du fait de l'action de la myéloperoxydase et de la NADPH oxydase**. (73) (74)
- La pratique sportive peut avoir pour conséquence une moindre irrigation **de certains organes (foie, reins...)** entraînant une **hypoxie transitoire à l'origine de perturbations métaboliques** conduisant à une activation de **xanthine oxydase** qui, lors de la reperfusion, oxyde l'hypoxanthine en xanthine et acide urique, tout en formant des ERO. (70)

2. Les mécanismes de défense de l'organisme contre les espèces réactives dérivées de l'oxygène

Afin de lutter contre le stress oxydant, l'organisme va se défendre au moyen de mécanismes endogènes enzymatiques, mais également grâce à un apport exogène.

Les mécanismes endogènes enzymatiques sont représentés principalement par les superoxydes dismutases (SOD), les glutathion peroxydases (GSH-Px) et la catalase. (70) Les SOD érythrocytaires sont augmentées chez le sportif de haut niveau, sans que leur activité ne semble croître durant l'exercice physique. (75)

Les glutathion peroxydases et la catalase semblent être augmentés avec la **charge d'entraînement**. (76) (77) Le glutathion (GSH) est le substrat des glutathion peroxydases qui transforment le glutathion réduit en glutathion oxydé ou disulfide (GSSG), à son tour réduit par la glutathion réductase (GR). (70) (figure 9) Si la concentration de glutathion réduit semble augmenter avec l'entraînement chez des personnes initialement sédentaires (78), l'effet de l'entraînement semble contradictoire puisqu'il est observé une diminution des concentrations de glutathion et de glutathion disulfide après 10 semaines d'entraînement de course à pied. Cette diminution pourrait être due à diminution de l'activité de la GR érythrocytaire (70)

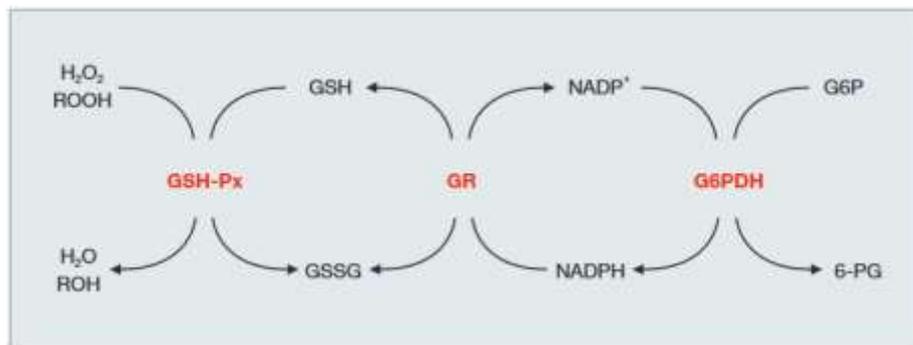


Figure 9 : schéma du cycle oxydatif du glutathion (70)

Pour ce qui est de l'apport exogène en antioxydants, l'alimentation permet d'apporter plusieurs substances qui participent au système de défense de l'organisme : les vitamines C et E, du zinc, du sélénium, du cuivre ... (70) De plus, le statut antioxydant total diminue après une surcharge d'entraînement chez des triathlètes entraînés, ce qui montrerait une utilisation plus importante en antioxydants suite à l'entraînement. (71) Toutefois, cette observation ne se vérifie pas chez des personnes sédentaires effectuant un effort. (79) Cette différence traduirait une meilleure adaptation du sportif au stress oxydant pendant l'effort.

3. La vitamine C

La vitamine C a largement été abordée précédemment à travers la supplémentation pour lutter contre la fatigue. Pour ce qui est de son action antioxydante, une supplémentation à dose pharmacologique (1 g par jour) n'aurait aucun effet sur les marqueurs des dommages induits par le stress oxydatif. (80) (81) Au-delà de cette inefficacité, une supplémentation à forte dose atténuerait les réponses adaptatives de l'organisme et pouvoir avoir un impact négatif sur les performances. (82) (83)

4. La vitamine E

Le terme vitamine E regroupe plusieurs molécules liposolubles, la plus importante étant l'alpha-tocophérol. L'importance de la vitamine E s'explique par son pouvoir antioxydant contre les lipides peroxydés. Elle possède également des propriétés de protection de l'endothélium vasculaire. L'ANC est de 12 mg par jour

qui peuvent être obtenus par la **consommation d'huiles végétales, de fruits et légumes**. Un tiers de la population française aurait des apports insuffisants en vitamine E. (26) (45) (48)

Le risque de carence en vitamine E est faible dans les pays industrialisés (**prématurité, pathologies digestives ...**). Sur le plan clinique, une carence se manifeste par des symptômes neuromusculaires (sensations de brûlures et **d'engourdissement dans les extrémités**), **hématologiques (hémolyse)** et **ophtalmiques (rétinite pigmentaire)**. Une déficience, bien plus fréquente qu'une carence, semble corrélée à une augmentation du risque de développer une **pathologie cardiovasculaire et à une déficience immunitaire**. A l'inverse, des apports excessifs seraient **susceptibles d'augmenter le risque d'accident vasculaire**. La limite de sécurité est fixée à un apport journalier de 40 mg par jour, apport au-delà duquel il existe un risque hémorragique. Pour cette raison, plusieurs précautions sont à prendre : **vérifier l'absence de traitement par médicaments antiagrégants ou anticoagulants, arrêt de la supplémentation au moins un mois avant toute intervention chirurgicale ...** (26) (45) (48)

Les compléments alimentaires contenant de la vitamine E peuvent uniquement se prévaloir de sa contribution « à la protection des cellules contre le stress oxydant. » La supplémentation en vitamine E est généralement proposée dans la prévention cardiovasculaire, la **dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), la cataracte ou encore la maladie d'Alzheimer**. (26) (45) (48)

La vitamine E représentant le principal antioxydant liposoluble, le sportif peut être tenté de se supplémenter afin de favoriser sa récupération. Une supplémentation à doses pharmacologiques (environ 800 UI/jour soit 537 mg/jour) augmente la concentration en alpha-tocophérol et diminue les indices **de peroxydation lipidique au repos comme à l'exercice**. (70) Il semblerait également que **la vitamine E diminue l'activité de la créatine kinase totale** (84) dont le taux en post-exercice est corrélé aux concentrations en ERO libérées par les polynucléaires neutrophiles, ce qui expliquerait son rôle protecteur en post-exercice. (70) Cependant, la vitamine E à doses pharmacologiques peut également entraîner un risque pro-oxydant et pro-inflammatoire. (70) (85)

5. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des substances végétales colorées apportées par les fruits et légumes. Il est recensé plus de 700 molécules appartenant aux caroténoïdes, parmi lesquelles se trouve le **bêta-carotène, la plus connue d'entre elles**. Nous pouvons distinguer les caroténoïdes précurseurs de la vitamine A des autres **caroténoïdes**. **L'action antioxydante de ces molécules les rend importantes pour l'organisme, sans pour autant que des ANC ne soient définis**. La consommation de 5 fruits et légumes de façon quotidienne fournit une quantité optimale de caroténoïdes. (26) Le **bêta-carotène compléterait l'action antioxydante de la vitamine E**. (86)

Tout comme pour les autres antioxydants, des études ont été menées afin **d'évaluer l'intérêt d'une supplémentation dans les pathologies impliquant souvent le vieillissement cellulaire. Leurs conclusions ne sont pas en faveur d'une** complémentation puisque les résultats sont contradictoires. (48) Au contraire, des effets néfastes ont même été décrits, notamment chez les fumeurs chez lesquels il ne faut pas conseiller un tel apport *via* des compléments alimentaires afin de ne pas augmenter le risque de développer un cancer pulmonaire (effet pro-oxydant). (26) (87) **Ainsi, les recommandations émanant de l'EFSA fixent le** seuil journalier autorisé à 15 mg de bêta-carotène. (26)

Aucune allégation n'est autorisée par l'EFSA pour les caroténoïdes. (48) De plus, chez le sportif, **peu d'études ont été réalisées et elles ne sont pas en faveur de la** prise de compléments alimentaires. Par exemple, la supplémentation en **astaxanthine n'améliore ni la capacité antioxydante, ni les performances** chez des cyclistes. (88) **C'est pourquoi, il reste préférable de consommer des fruits et légumes, d'autant qu'ils contiennent de nombreuses substances agissant en** synergie, comme les fibres qu'ils contiennent.

6. Les phytonutriments

Sous le terme de phytonutriments, sont regroupées plus de 100 molécules. Nous pouvons citer parmi eux les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tanins, mais **aussi les caroténoïdes. Aucune étude spécifique n'a été menée chez le sportif** concernant une supplémentation. (70)

7. Les oligo-éléments

a) Le sélénium

Parmi les oligo-éléments à activité antioxydante, le sélénium, métalloïde de la famille des chalcogènes, est sans doute le plus important. Cet oligo-élément est largement présent dans les aliments riches en protéines, ce qui permet **d'apporter les 50 (chez la femme) à 60 (chez l'homme) µg par jour constituant les ANC en sélénium. Outre son rôle antioxydant, il participe à l'agrégation** plaquettaire, à la réponse anti-inflammatoire et au système immunitaire. (26)

Une carence en sélénium est possible, notamment dans des pathologies intestinales graves, mais elle est rare. Une déficience chronique peut engendrer de la fatigue, des troubles **immunitaires, une aggravation d'une pathologie ou une prédisposition pour le développement de cancers par exemple. A l'inverse, il est fixé des seuils afin de préserver l'organisme de la toxicité du sélénium. Ainsi, la limite de sécurité fixée par l'EFSA est de 300 µg par jour, loin des 1000 µg** journaliers qui entraîneraient une intoxication au sélénium ou sélérose dont les signes cliniques sont principalement des nausées, de la fatigue, une irritabilité, **une sensibilité cutanée, une haleine à odeur d'ail ... La dose létale est de 500 mg** à 1 g de sélénium sous forme minérale. (26) (48)

Nous retrouvons le sélénium sous forme de médicaments (Nonan® injectable par exemple, indiqué au cours de la nutrition parentérale) ou sous forme de compléments alimentaires. (47) Les fabricants de compléments alimentaires sont **autorisés par l'EFSA à utiliser plusieurs allégations de santé dont** « la protection des cellules contre les radicaux libres ». (26)

Le sélénium est le cofacteur de la glutathion peroxydase. Une carence (**insuffisance d'apport, pertes sudorales**) entraîne une diminution de l'activité de la glutathion peroxydase. (89) **De plus, il semblerait qu'un haut niveau de sollicitation physiologique chronique puisse induire un déficit relatif en sélénium et en glutathion peroxydase.** (90) **Nous pouvons donc penser qu'une supplémentation en sélénium serait utile chez le sportif.** Cependant, une telle **supplémentation n'a pas montré son intérêt sur des modèles animaux contre le stress oxydant et la peroxydation lipidique lors d'un exercice physique sans l'apport de vitamine E dont la supplémentation est controversée.** (91) (92) **De plus, une étude a montré qu'une supplémentation en sélénium et en vitamine E peut favoriser, selon le statut initial et les doses ingérées, l'apparition d'un cancer de la prostate.** Ainsi, une complémentation en vitamine E et sélénium **n'est pas conseillée chez les hommes.** (48) (93)

b) Autres oligoéléments

Le cuivre et le zinc ont des propriétés antioxydantes puisque ces deux oligoéléments sont constitutifs de la SOD. Le zinc permettrait seulement de **maintenir la structure tridimensionnelle de l'enzyme.** (94) Cependant, une forte consommation de zinc altère la rétention de cuivre, ce qui entraîne une **diminution de l'activité de la SOD.** (95)

Le manganèse agit également via la SOD à manganèse mitochondriale. Si cet ion **n'est pas présent** en concentration suffisante, il en résulterait une régulation négative de la SOD au niveau pré-transcriptionnel. (96)

8. Conclusion

De par leur apport alimentaire généralement augmenté, les sportifs ne **présentent d'une manière générale pas de déficits en substances antioxydantes.** En outre, **aucune preuve n'a été faite de l'efficacité d'une** supplémentation antioxydante dans cette population. Une alimentation riche en fruits et légumes est largement préférable à la supplémentation, puisque cette dernière ne permet pas de respecter les éventuelles synergies entre vitamines et micronutriments, sans compter les autres molécules contenues dans les fruits et légumes. A ceci, il faut ajouter le risque non négligeable induit par des doses excessives en **antioxydants qui déséquilibreraient l'équilibre redox cellulaire et diminueraient les capacités antioxydantes de l'organisme.** (70) (97) (98) La SFNS rappelle par ailleurs que la complémentation en substance antioxydantes comporte des risques pro-oxydants. (69)

Conclusion

Les produits et compléments alimentaires à destination des sportifs ont largement envahi les rayons des boutiques de sport et des magasins de diététiques. Nous les retrouvons même en grandes surfaces. Certaines officines les proposent également aux sportifs. Ces produits ne sont pas anodins : **c'est** pourquoi les sportifs devraient faire preuve de prudence avant de se supplémenter et devraient pouvoir bénéficier de conseils. Si ces produits peuvent **s'avérer pratiques et utiles dans certains cas, ils ne sont pas sans danger.**

Certains des effets indésirables décrits précédemment l'ont été grâce au dispositif de nutravigilance de l'Anses. Les professionnels de santé, s'ils sont informés d'effets indésirables pouvant être liés à la consommation d'un produit ou d'un complément alimentaire, sont chargés de les déclarer à l'Anses soit par **télédéclaration, soit par l'envoi d'un formulaire par courrier.** (4) Ce dispositif permet d'autant mieux la mise en évidence d'effets indésirables qu'il n'y pas toujours de recul suffisant sur ces produits.

Au-delà des effets indésirables induits par des compléments alimentaires autorisés en France, les sportifs se fournissant sur internet peuvent développer des effets indésirables voire des pathologies liées à la prise de substances **interdites comme l'attestent les déclarations de nutravigilance enregistrées par l'Anses.** (57) Ainsi, une enquête menée aux Etats-Unis a mis en évidence que 20% des atteintes hépatiques graves seraient dues à la complémentation. Un tiers de ces cas concernent des adeptes de bodybuilding qui ont consommé des compléments alimentaires frelatés par des stéroïdes. (99) Nous ne pouvons que **lui conseiller d'utiliser des produits possédant la norme AFNOR NF V 94-001, laquelle permet d'attester que le produit en question contient uniquement des substances autorisées par l'AMA. En effet, se fournir sur Internet sur des sites douteux ou dans des salles de sport, - pratiques encore trop répandues -, font courir aux sportifs le risque de consommer des produits contenant des substances dopantes. A titre d'exemple, une analyse de 634 compléments alimentaires a mis en évidence que 15 % d'entre eux contenaient des stéroïdes anabolisants qui n'étaient pourtant pas mentionnés sur la liste des ingrédients.** (100)

Cependant, la norme AFNOR NF V 94-001 **ne garantit que l'absence de substances dopantes. Aucune norme ne permet à l'heure actuelle de vérifier que** la composition indiquée par le fabricant est bien celle retrouvée dans le complément alimentaire. Ainsi, La direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) a par ailleurs pointé, dans une enquête, le doigt sur un taux de non-conformité de 40 % dans les compléments alimentaires contenant des vitamines et des minéraux, dénonçant une teneur non conforme à ce qui était annoncé, un dépassement des limites de **sécurité ou des ANC, l'absence d'une substance sensée être présente, des allégations interdites ...** (101)

Si les sportifs se complémentent souvent afin de lutter contre la fatigue, d'autres le font dans l'espoir d'améliorer leurs performances ou de prendre de la masse musculaire. A partir de quand peut-on parler de conduite dopante ? Dès lors que l'athlète consomme un complément alimentaire sans carence avérée ? Il s'agit là d'un vaste débat. Toujours est-il que la supplémentation en tant que conduite dopante peut constituer le premier pas vers le dopage.

Ainsi, à l'exception de déficits ou de carences avérés, la consommation de compléments alimentaires n'est pas recommandée chez le sportif en raison des risques qu'elle implique. Comme le rappelle la SFNS, une alimentation variée et équilibrée suffit à couvrir les besoins des sportifs et est le meilleur garant des performances sportives.

Le pharmacien a un rôle clé à jouer lorsqu'un sportif le sollicite pour une supplémentation. Il doit pouvoir lui proposer une gamme relevant de la norme AFNOR NF V 94-001. Mais, avant tout, il doit pouvoir lui apporter les conseils diététiques de base, vérifier que la consommation de compléments alimentaires est opportune et ne comporte pas de risques. Il doit enfin le sensibiliser à la bonne utilisation desdits produits.

Annexe

Annexe 1 : Enquête en ligne à destination des athlètes

Enquête sur l'utilisation de produits et compléments alimentaires en athlétisme

Questionnaire anonyme. Durée : moins de 5 minutes.

Bonjour à tous,

Je suis étudiante en pharmacie. Dans le cadre de ma thèse sur l'utilisation de produits et compléments alimentaires chez le sportif, je réalise une enquête sur leur consommation en athlétisme.

À l'issue de l'enquête, les résultats seront publiés sur le site web <http://athlevoyages.athle.com> si cela vous intéresse.

Merci par avance pour le temps que vous m'accorderez.

Obligatoire

Êtes-vous ... ? *

Une femme

Un homme

Quel est votre âge ? *

Votre réponse :

Quelle(s) est (sont) votre (vos) discipline(s) ? (plusieurs réponses possibles) *

Sprint court, haies courtes (100 m, 200 m, 100/110 m haies)

Sprint long, haies longues (400 m, 400 m haies, 800 m [pour les profils de coureurs 400-800])

Demi-fond (du 800 m au 5000 m, 3000 m steeple)

Fond (du 10 km au marathon)

Marche (jusqu'à 50 km)

Grand fond (course à pied ou marche)

Saut en longueur, triple-saut

Saut en hauteur

Saut à la perche

Lancers (poids, disque, javelot, marteau)

Epreuves combinées

Compléments alimentaires

Les compléments alimentaires sont des produits qui ne se substituent pas à l'alimentation, mais la complètent. On peut les retrouver sous forme de gélules, comprimés, ampoules, solutions buvables ... Ils contiennent diverses substances qui sont des sources concentrées de nutriments ou qui ont un effet nutritionnel ou physiologique.

Consommez-vous des compléments alimentaires (tels que des complexes renfermant du magnésium, du fer, des vitamines, des protéines ou acides aminés, des acides gras, de la caféine, de la taurine, etc.) ? *

- Oui
- Non

Consommation de compléments alimentaires

Où vous procurez-vous ces compléments alimentaires ?
(plusieurs réponses possibles) *

- En magasin de sport ou diététiques (boutique ou internet)
- En pharmacie ou parapharmacie
- Au supermarché
- Sur internet (hors sites de magasins de sport ou diététiques)
- Autre :

Respectez-vous les consignes d'utilisation de ces produits ? *

- Oui
- Non

Dans quel(s) but(s) prenez-vous des compléments alimentaires ?
(plusieurs réponses possibles) *

- Combattre la fatigue
- Combler un état de carence confirmé
- Développer plus de puissance
- Développer plus de résistance
- Mieux gérer le stress
- Compenser une alimentation déséquilibrée
- Autre : _____

Par qui vous ont-ils été conseillés ? (plusieurs réponses possibles) *

- Quelqu'un du milieu athlétique (entraîneur, autre athlète ...)
- Un médecin
- Un pharmacien
- Un diététicien
- Votre entourage (famille, amis ...)
- Via des conseils sportifs (articles sur internet, magazine ...)
- Le vendeur d'un magasin spécialisé
- Autre :

Bibliographie

1. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Consommation de compléments alimentaires, disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/consommation-de-compl%C3%A9ments-alimentaires> (page consultée le 18 février 2017)
2. CERINnutrition (Centre de Recherche et d'Informations Nutritionnelles). Qui consomme des compléments alimentaires en France ?, disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=_zHGg5n7qEw&index=1&list=PLqakNFRsbL7pFnTndHaY_vct7PIIWGgSW (page consultée le 10 mars 2017)
3. CERINnutrition (Centre de Recherche et d'Informations Nutritionnelles). Quand consommer des compléments alimentaires ?, disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=_9ICgBjo-Os&index=2&list=PLqakNFRsbL7pFnTndHaY_vct7PIIWGgSW (page consultée le 10 mars 2017)
4. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Dispositif national de nutrivigilance, disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/dispositif-national-de-nutrivigilance> (page consultée le 10 mars 2017)
5. BRISARD M. La nutrition et l'utilisation de compléments alimentaires chez le sportif d'endurance : enquête auprès de triathlètes de Franche-Comté. Thèse de doctorat en pharmacie. Besançon : Université de Franche-Comté, 2014, 128 p.
6. TSCHOLL PM., DVORAK J. Abuse of medication during international football competition in 2010 – lesson not learned. *Br J Sports Med*, 2012, 46 (16), pp.1040-1041.
7. FFA (Fédération Française d'Athlétisme). Nombre de licenciés 2015 par catégorie et par sexe, disponible sur : <http://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=4987> (page consultée le 11 mars 2017)
8. ERDMAN KA., FUNG TS., DOYLE-BAKER PK., VERHOEF MJ., REIMER RA. Dietary supplementation of high-performance Canadian athletes by age and gender. *Clin J Sport Med*, 2007, 17 (6), pp.458-464.
9. DIDIER S. Automédication chez les coureurs de trail et d'ultra-trail® : enquête lors de l'Infernal Trail des Vosges 2014, 13 et 14 septembre 2014. Thèse de doctorat en médecine. Nancy : Université de Lorraine, 2015, 74p.
10. MAUGHAN RJ., DEPIESSE F., GEYER H., International Association of Athletics Federations. The use of dietary supplements by athletes. *J Sports Sci*, 2007, 25 (1), pp.103-113.
11. ABITTEBOUL Y., BOISSON C., RIVIERE D., OUSTRIC S. Automédication des rugbymen amateurs. *Sciences & Sports*, 2011, 26 (4), pp. 242-245.
12. CORNILLIER Y., KORSIA-MEFFRE S, SENART S. Le guide des compléments alimentaires. Vidal, Issy-les-Moulineaux, France. 2008, 294 p.
13. DUPUY MAURY F. Compléments alimentaires : démêler le vrai du faux. *Sciences & Santé*, 2015, (23), pp 22-33.

14. SFNS (Société Française de la Nutrition Spécialisée). La nutrition sportive un marché en croissance ayant besoin d'une réglementation renforcée, disponible sur : <http://www.syndicatfrancaisdelanutritionspécialisee.fr/index.php/dietetique-sportive/12-actualites-dietetique-sportive/29-actualites-dietetique-sportive> (page consultée le 24 mars 2017)
15. IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Résultats de notre enquête sur les boissons énergisantes, disponible sur : <http://www.irbms.com/resultats-de-notre-enquete-sur-la-consommation-de-boissons-energisantes> (page consultée le 24 mars 2017)
16. RICHE D. L'alimentation du sportif en 80 questions. Vigot, Paris, France. 2015, 237 p.
17. ROGEAU R. Enquête sur la consommation de boissons énergisantes chez les sportifs: consommation banalisée ou conduite addictive ou dopante ? Thèse de doctorat en médecine. Lille : Université du droit et de la santé, 2013, 52 p.
18. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Boissons énergisantes, disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/boissons-%C3%A9nergisantes> (page consultée le 24 mars 2017)
19. SFNS (Société Française de Nutrition du Sport). Avis et recommandations de la SFNS : consommation de boisson énergisante chez le pratiquant d'activité physique ou sportive, disponible sur : <https://www.nutritiondusport.fr/wp-content/uploads/2013/03/boissons-energisantes-avis-sfns-janvier-2013.pdf> (page consultée le 24 mars 2017)
20. INPES (Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé). Performances, dopage et conduites dopantes, disponible sur : <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1130.pdf> (page consultée le 1^{er} juin 2017)
21. IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Tableau comparatif des boissons énergisantes, disponible sur : <http://www.irbms.com/download/documents/boissons-energisantes-comparatif.pdf> (page consultée le 24 mars 2017)
22. CLARK N. Nutrition du sportif. Paris, France, Vigot 2015, 381 p.
23. FLEUROT G. La caféine, produit dopant préféré des sportifs. [en ligne] In : L'Equipe.fr. Site disponible sur : <http://www.lequipe.fr/Tous-sports/Article/La-cafeine-produit-dopant-prefere-des-sportifs/628965> (page consultée le 13 mai 2017)
24. DESBROW B., LEVERITT M. Awareness and use of caffeine by athletes competing at the 2005 Ironman Triathlon World Championships. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2006, 16 (5), pp. 545-558.
25. PASMANN WJ., VAN BAAK MA., JEUKENDREUP AE., DE HAAN A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med*, 1995, 16 (4), pp. 225-230.
26. VASSON MP. Compléments alimentaires: les clés pour les conseiller à l'officine. Les Éditions le Moniteur des pharmacies. Paris, France. 2015, 241 p.
27. MATON F. La glucuronolactone dans les boissons énergisantes. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/du-glucuronolactone-600mg> (page consultée le 26 mars 2017)

28. DEL COSO J., MUNOZ-FERNANDEZ VE., MUNOZ G., FERNANDEZ-ELIAS VE., ORTEGA JF., HAMOUTI N., et al. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *PloS One*, 2012, 7 (2), pp. 313-380.
29. ASTORINO TA., MATERA AJ., BASINGER J., EVANS M., SCHURMAN T., MARQUEZ R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids*, 2012, 42 (5), pp. 1803-1808.
30. GWACHA N., WAGNER DR. Acute effects of a caffeine-aurine energy drink on repeated sprint performance of American college football players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2012, 22 (2), pp.109-116.
31. MATON F. Les boissons énergisantes augmentent le risque de blessures. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/boissons-energisantes-augmentent-risque-de-blessures> (page consultée le 31 mars 2017)
32. MATON F. Les glucides des boissons énergisantes. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/des-glucides-112gl> (page consultée le 1^{er} avril 2017)
33. MATON F. L'Hydratation, un besoin vital en performance. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible: <http://www.irbms.com/hydratation-besoin-vital-performance> (page consultée le 2 avril 2017)
34. MATON F. Déshydratation, source de fatigue et de blessure musculaire. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/fatigue-et-deshydratation> (page consultée le 3 avril 2017)
35. ROUXEL M. La boisson d'attente : intérêt ou non pour le sportif? [en ligne]. In : Overstims. Site disponible sur : <https://www.overstims.com/La-boisson-d-attente-interet-ou-non-pour-le-sportif> (page consultée le 3 avril 2017)
36. MATON F. Le Bidon du cycliste : quelle boisson d'effort ? [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site, disponible sur : <http://www.irbms.com/bidon-cycliste> (page consultée le 3 avril 2017)
37. HEW-BUTTLER T., ROSNER MH., FOWKES-GODEK S., DUGAS JP., HOFFMAN MD., LEWIS DP., et al. Statement of the Third International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *Clin J Sport Med*, 2015, 25 (4), pp. 303-320.
38. Ministère de la santé et de la Protection Sociale, Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Assurance maladie, Institut national de prévention et d'éducation pour la santé, Institut de veille sanitaire. Repères de consommation - Programme National Nutrition Santé, disponible sur : <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/593.pdf> (page consultée le 1^{er} juin 2017)
39. MATON F. Complications du régime hyperprotéiné. [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/complications-des-regimes-hyperproteines> (page consultée le 17 avril 2017)

40. BIGARD X., GUEZENNEC C-Y. Nutrition du sportif. Elsevier Masson Issy-les-Moulineaux, France. 2007, 241 p.
41. CHABAUD M. Abus de compléments alimentaires en milieu sportif: cas d'un jeune joueur en formation. Antenne Médicale de Prévention du Dopage de Languedoc-Roussillon, 2010, 11p.
42. Décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires.
43. DURAND G., BEAUDEUX JL, Association des enseignants de biochimie et biologie moléculaire des Facultés de pharmacie. Biochimie médicale : marqueurs actuels et perspectives. 2^{ième} Edition. Médecine Sciences publications Lavoisier, Paris, France. 2011, 607 p.
44. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Avis relatif à l'évaluation des apports en vitamines et minéraux issus de l'alimentation non enrichie, de l'alimentation enrichie et des compléments alimentaires dans la population française: estimation des apports usuels, des prévalences d'inadéquation et des risques de dépassement des limites de sécurité, disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012sa0142.pdf> (page consultée le 15 mai 2017)
45. Le Moniteur des Pharmacies. Les vitamines. Les Éditions le Moniteur des pharmacies. Paris, France. 2014, 3054 (2), 16 p.
46. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Table Ciqual 2016 - Composition nutritionnelle des aliments, disponible: <https://pro.anses.fr/tableciqual/> (page consultée le 1^{er} mai 2017)
47. Vidal. eVIDAL, disponible sur : <http://evidal.fr/home.html?jsessionid=CFB2546072ED5E6E3C64B99A57A06DA2> (page consultée le 15 avril 2017)
48. EurekaSanté, Vidal. Les ingrédients des compléments alimentaires, disponible sur : <http://eurekasante.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires.html> (page consultée le 1^{er} mai 2017)
49. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Vitamine B9 ou acide folique, disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-b9-ou-acide-folique> (page consultée le 1^{er} mai 2017)
50. MATON F. Vitamine B9 (folates, acide folique). [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/folates-vitamine-b9> (page consultée le 1^{er} mai 2017)
51. MATON F. Vitamine C (acide ascorbique). [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/vitamine-c-acide-ascorbique-sport> (page consultée le 8 mai 2017)
52. CARR AC., BOZONET SM., VISSERS MCM. A randomised cross-over pharmacokinetic bioavailability study of synthetic versus kiwifruit-derived vitamin C. Nutrients, 2013, 5 (11), pp. 4451-4461.
53. VAN DER BEEK EJ. Vitamin supplementation and physical exercise performance. J Sports Sci. 1991, 9, pp. 77-90.

54. MATON F. Comment assurer vos apports en Fer ? [en ligne]. In : IRBMS (Institut de Recherche du Bien-être, de la Médecine et du Sport Santé). Site disponible sur : <http://www.irbms.com/mineraux-fer-fe-sport> (page consultée le 9 mai 2017)
55. THOMAS DT., ERDMAN KA., BURKE LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*, 2016, 116 (3), pp.501-528.
56. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Compléments alimentaires destinés aux sportifs : des risques pour la santé pour des bénéfices incertains, 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> (page consultée le 9 mai 2017)
57. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Les compléments alimentaires destinés aux sportifs - Avis de l'Anses, novembre 2016. Disponible: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0008Ra.pdf> (page consultée le 15 avril 2017)
58. CRIBB PJ., WILLIAMS AD., HAYES A. A creatine-protein-carbohydrate supplement enhances responses to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, 39 (11), pp. 1960-1968.
59. KOSHY KM., GRISWOLD E, SCHNEEBERGER EE. Interstitial Nephritis in a Patient Taking Creatine. *N Engl J Med*, 1999, 340 (10), pp. 814-815.
60. DORI H., HUMBERT A., BURNIER M., TETA D. Risques rénaux des compléments alimentaires : une cause ignorée. *Revue Médicale Suisse*, 2014, 10, pp. 498-593
61. PRITCHARD N., KALRA P. Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *The Lancet*, 1998, 351 (9111), pp. 1252-1253.
62. VAN HALL G., RAAJMAKERS JS., SARIS WH., WAGENMAKERS AJ. Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *J Physiol*, 1995, 486 (3), pp.789-794.
63. NEGRO M., GIARDINA S., MARZANI B., MARZATICO F. Branched-chain amino acid supplementation does not enhance athletic performance but affects muscle recovery and the immune system. *J Sports Med Phys Fitness*, 2008, 48 (3), pp. 347-351.
64. HOLECEK M. Branched-chain amino acids and ammonia metabolism in liver disease: therapeutic implications. *Nutrition*, 2013, 29 (10), pp. 1186-1191.
65. DRUMMOND MJ., RASMUSSEN BB. Leucine-Enriched Nutrients and the Regulation of mTOR Signalling and Human Skeletal Muscle Protein Synthesis. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2008, 11 (3), pp. 222-6.
66. AVELAR-ESCOBAR G., MENDEZ-NAVARRA J., ORTIZ-OLVERA NX., CASTELLANOS G., RAMOS R., GALLARBO-CABRERA VE., et al. Hepatotoxicity associated with dietary energy supplements: use and abuse by young athletes, *Ann Hepatol*, 2012, 11 (4), pp. 564-569.
67. WHITT KN., WARD SC., DENIZ K., LIU L., ODIN JA., QIN L. Cholestatic liver injury associated with whey protein and creatine supplements. *Semin Liver Dis*, 2008, 28 (2), pp. 226-231.

68. ORDRE DES PHARMACIENS. Prévention du dopage : le pharmacien, allié du sportif. *Journal de l'Ordre des Pharmaciens*, 55, 2016, pp. 7-9.
69. SFNS (Société Française de Nutrition du Sport). Recommandations sur l'usage des compléments et suppléments alimentaires chez le sportif, disponible sur : <http://www.nutritiondusport.fr/sante/wp-content/uploads/complements-alimentaires-chez-le-sportif-sfns-juin-2009.pdf> (page consultée le 25 mai 2017)
70. BERMON S. Sport et biologie. Bioforma, Paris, France. 2005, 159 p.
71. HALLIWELL B., GUTTERIDGE JMC. Free radicals in biology and medicine. Oxford University Press, Oxford, Royaume-Uni. 1999, 19 p.
72. BEJMA J., JI LL. Aging and acute exercise enhance free radical generation in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 1999, 87 (1), pp. 465-470.
73. PYNE DB. Regulation of neutrophil function during exercise. *Sports Med*, 1994, 17 (4), pp. 245-258.
74. WEISS SJ. Tissue destruction by neutrophils. *N Engl J Med*, 1989, 320 (6), pp. 365-376.
75. MENA P., MAYNAR M., GUTIERREZ JM., MAYNAR J., TIMON J., CAMPILLO JE. Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers. Adaptation to training. *Int J Sports Med*, 1991, 12 (6), pp 563-566.
76. MIYAZAKI H., OH-ISHI S., OOKAWARA T., KIZAKI T., TOSHINAI K., HA S., et al. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *Eur J Appl Physiol*, 2001, 84 (1-2), pp. 1-6.
77. ROBERTSON JD., MAUGHAN RJ., DUTHIE GG., MORRICE PC. Increased blood antioxidant systems of runners in response to training load. *Clin Sci*, 1991, 80 (6), pp. 611-618.
78. EVELO CT., PALMEN NG., ARTUR Y., JANSSEN GM. Changes in blood glutathione concentrations, and in erythrocyte glutathione reductase and glutathione S-transferase activity after running training and after participation in contests. *Eur J Appl Physiol*, 1992, 64 (4), pp. 354-358.
79. PALAZETTI S., RICHARD MJ., FAVIER A., MARGARITIS I. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. *Can J Appl Physiol*, 2003, 28 (4), pp 588-604.
80. ALESSIO HM., GOLDFARB AH., CAO G.. Exercise-induced oxidative stress before and after vitamin C supplementation. *Int J Sport Nutr*, 1997, 7 (1), pp. 1-9.
81. NIEMAN DC., HENSON DA., MCANULTY SR., MCANULTY L., SWICK NS., UTTER AC., et al. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. *J Appl Physiol*, 2002, 92 (5), pp. 1970-1977.
82. KHASSAF M., MCARDLE A., ESANU C., VASILAKI A., MCARDLE F., GRIFFITHS RD., et al. Effect of vitamin C supplements on antioxidant defence and stress proteins in human lymphocytes and skeletal muscle. *J Physiol*, 2003, 549 (2), pp. 645-652.
83. BRAAKHUIS AJ. Effect of vitamin C supplements on physical performance. *Curr Sports Med Rep*, 2012, 11 (4), pp.180-184.

84. ROKITZKI L., LOGEMANN E., HUBER G., KECK E., KEUL J. alpha-Tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. *Int J Sport Nutr*, 1994, 4 (3), pp. 253-264.
85. NIEMAN DC., HENSON DA., MCANULTY SR., MCANULTY LS., MORROW JD., AHMED A., et al. Vitamin E and immunity after the Kona Triathlon World Championship. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36 (8), pp. 1328-1335.
86. NIKI E., NOGUCHI N., TSUCHIHASHI H., GOTOH N. Interaction among vitamin C, vitamin E, and beta-carotene. *Am J Clin Nutr*, 1995, 62 (6), pp. 1322-1326.
87. The ATBC Cancer Prevention Study Group. The alpha-tocopherol, beta-carotene lung cancer prevention study: design, methods, participant characteristics, and compliance, *Ann Epidemiol*, 1994, 4 (1), pp. 1-10.
88. RES PT., CERMARK NM., STINKENS R., TOLLAKSON TJ., HAENEN GR., BAST A., et al. Astaxanthin supplementation does not augment fat use or improve endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2013, 45 (6), pp. 1158-1165.
89. BURK RF. Biological activity of selenium. *Annu Rev Nutr*, 1983, 3, pp. 53-70.
90. ACCOMINOTTI M., DUTEY P., LAHET C., VALLON J. Évolution des taux de sélénium et de glutathion peroxydase sanguins de sportifs de haut niveau. *Sci Sports*, 1991, 6 (3), pp. 165-172.
91. BRADY PS., BRADY LJ., ULLREY DE. Selenium, vitamin E and the response to swimming stress in the rat. *J Nutr*, 1979, 109 (6), pp. 1103-1109.
92. VEERA RK., CHARLES KT., PRASAD M., REDDANNA P. Exercise-induced oxidant stress in the lung tissue: role of dietary supplementation of vitamin E and selenium. *Biochem Int*, 1992, 26 (5), pp. 863-871.
93. KRISTAL AR., DARKE AK., MORRIS JS., TANGEN CM., GOODMAN PJ., THOMPSON IM., et al. Baseline Selenium Status and Effects of Selenium and Vitamin E Supplementation on Prostate Cancer Risk. *JNCI J Natl Cancer Inst*, 2014, 106 (3), p. 456.
94. COUDRAY C., RICHARD MJ., LAPORTE F., FAURE P., ROUSSEL AM., FAVIER A. Superoxide Dismutase Activity and Zinc Status: a Study in Animals and Man. *J Nutr Med*, 1992, 3 (1), pp. 13-26.
95. LUKASHI HC. Micronutrients (magnesium, zinc, and copper): are mineral supplements needed for athletes? *Int J Sport Nutr*, 1995, 5, pp. 74-83.
96. BORRELLO S., DE LEO ME., GALEOTTI T. Transcriptional regulation of MnSOD by manganese in the liver of manganese-deficient mice and during rat development. *Biochem Int*, 1992, 28 (4), pp. 595-601.
97. RISTOW M., ZARSE K., OBERBACH A., KLÖTING N., BIRRINGER M., KIEHNTOPF M., et al. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2009, 106 (21), pp. 8665-8670.
98. DAVISON G., GLEESON M., PHILLIPS S. Antioxidant supplementation and immunoendocrine responses to prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, 39 (4), pp. 645-652.

99. O'CONNOR A. Spike in Harm to Liver Is Tied to Dietary Aids. [en ligne]. In : The New York Times. Site disponible sur : <https://www.nytimes.com/2013/12/22/us/spike-in-harm-to-liver-is-tied-to-dietary-aids.html> (page consultée le 10 juin 2017)
100. GEYER H., PARR MK., MARECK U., REINHART U., SCHRADER Y., SCHÄNZER W. Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic-androgenic steroids - results of an international study. *Int J Sports Med*, 2004, 25 (2), pp. 124-129.
101. DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes). Compléments alimentaires à base de vitamines et minéraux, disponible sur : <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/complements-alimentaires-a-base-vitamines-et-mineraux> (page consultée le 9 juin 2017)

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : mardi 11 juillet 2017

| | |
|--|---|
| <p align="center">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>présenté par : Lucie DELOY</p> <p><u>Sujet</u> : Compléments et produits alimentaires chez le sportif : consommation, risques et importance du conseil officinal</p> <p><u>Jury</u> :</p> <p>Président : Mme. Brigitte LEININGER-MULLER, Professeur Directeur : Mme. Brigitte LEININGER-MULLER, Professeur Juges : Mme FLECHON Isabelle, Pharmacien d'officine M. MELICA Nicolas, Pharmacien d'officine M. VAUTHIER Jean-Charles, Médecin généraliste</p> | <p align="center">Vu, Nancy, le 12.06.17</p> <p align="center">Le Président du Jury Directeur de Thèse</p> <p align="center">Mme. Brigitte LEININGER-MULLER</p>  |
| <p align="center">Vu et approuvé, Nancy, le 16.06.2017</p> <p align="center">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p>  <p align="center">Francine PAULUS</p>  | <p align="center">Vu, Nancy, le 3.07.17</p> <p align="center">Le Président de l'Université de Lorraine,</p>  <p align="center">Pierre MUTZENHARDT</p> <p align="center">N° d'enregistrement : 9910</p> |

