

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD
FACULTÉ DE MÉDECINE
DR. B. BENZERDJEB - TLEMCEM



وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد
كلية الطب
د. ب. بن زرجب - تلمسان

DÉPARTEMENT DE PHARMACIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTEUR EN PHARMACIE

THÈME :

Les compléments alimentaires consommés par les sportifs de la région de Tlemcen : composition et effets sur les paramètres biochimiques sanguins.

Présenté par :

Monsieur Athmani Sahraoui
Monsieur Baba Djawad

Soutenu le 25 / Juin / 2019

Le Jury

Président :

Dr B. BENALLAL Maître assistante en Biophysique médicale

Membres :

Dr S. BENAMARA Maître assistant en Hydro-Bromatologie médicales

Dr A. HELALI Maître assistante en Pharmacognosie

Dr A. BAOUCHE Assistant en Biochimie

Encadrant :

Dr K. BENCHACHOU Maître assistante en Hydro-Bromatologie médicales

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous tenons à remercier très chaleureusement ***DR BENCHACHOU KHADIDJA***, maitre assistante hospitalo-universitaire en Hydrologie et Bromatologie médicales à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de pharmacie, qui nous a permis de bénéficier de son encadrement. Les conseils qu'elle nous a prodigué, la patience, la confiance qu'elle nous a témoigné ont été déterminants dans la réalisation de notre travail. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de nos plus profond respect.

Nous voudrions présenter nos remerciements à ***DR BENALLAL BOUCHRA***, maitre assistante hospitalo-universitaire en Biophysique médicale à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de pharmacie, de nous faire l'honneur de présider le jury. Soyez assurée de nos gratitude et de nos profond respect.

Nos remerciements s'étendent également à ***DR BENAMARA SALIM***, maitre assistant hospitalo-universitaire en Hydrologie et Bromatologie médicales à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de pharmacie, pour l'intérêt qu'il a porté à nos recherche en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par ses propositions. Nous tenons à lui exprimer nos sincères gratitudes.

Nous remercions aussi ***DR HELALI AMAL***, maitre assistante hospitalo-universitaire en Pharmacognosie, à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de pharmacie, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Nous remercions cordialement ***DR BAUCHE AHMED***, assistant hospitalo-universitaire en Biochimie clinique, à l'université de Tlemcen, faculté de médecine, département de pharmacie, d'avoir accepté de faire partie de notre jury de thèse.

Nous remercions également ***MR BENALLAL RAFIK***, professeur en physique à l'école supérieure en sciences appliquées-Tlemcen (ESSAT).

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Nous remercions également l'équipe médicale et paramédicale du service de biochimie au niveau de laboratoire central-CHU-Tlemcen pour leur aide, leurs conseils et leurs connaissances.

Nos remerciements s'étendent également à tous les sportifs et les athlètes qui ont participé à notre étude pour leurs aides.

Enfin, nous présentons nos remerciements, nos respects et nos gratitudes à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail et qui n'ont pas pu être cités ici.

DÉDICACES :

À mes chers parents

Qui nous ont toujours apporté le meilleur.

Aucun mot ne pourra exprimer l'affection et l'amour que nous prouvons envers vous.
Personne ne pourra vous rendre les sacrifices que vous avez déployés à notre égard. Veuillez
trouver ici, le témoignage de notre amour éternel.
Que dieu vous procure santé, prospérité et bonheur...

À tous les membres de ma famille

Soufiane, Amine, Ines F.Z , Hanan, Ome Ishak , Rouâ

À mes cousins

Fouad, Zaki, Nadjib, Mohamed, Alaâ

À tous mes oncles et tantes

À mon enseignant

Bouânani Mokhtar

À mes amis

Sahraoui, Youssef, Marouane, Salah, Amine, Fathallah

***À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ A
L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL.***

BABA DJAWAD

DÉDICACES :

Je tiens à saisir cette occasion et adresser mes profonds remerciements et mes profondes reconnaissances à mes très chers parents.

Ceux qui ont tout sacrifié pour moi n'épargnant ni santé ni efforts. Je leur remercie pour leur soutien dans mes choix et leur attention sans faille, ainsi qu'à leurs encouragements et l'amour inconditionnel qui m'accompagnent depuis toujours. Mon père (*Dieu ait son âme*), ma mère, vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, sans vous, je n'en serais pas là.

Je dédie ce modeste travail également à :

Mes frères *Abd Elkader, Nour Eddine, Rabeh, Ahmed, et fouàad* pour leur encouragements.

Mes chères amis *Miloudi Oussama, Baba Djawad, Medjdoub Abd Elkader* pour leur amitié, et à qui je dois mon attachement.

Mes chères frères : *Oussama, Yousseuf, Amine, Salah, Khaled, Abd Rahman, younes, Blal, Djalil, Abd Elbasset, Slimen, Abd Elhak, Hocine, Bacha, Sofiane, Djamel, Abd Elmalek, Bouazza, Meroaune, Djeloul, Rechwan, Hakim, Latif, Hichem, Raouf, Rafik, Miloud, Chems Eddine, chafik, Khaldi Med, Zar Med...* mes frère à la cité universitaire Belmimoune Mohamed et qui n'ont pas pu être cités ici, Qui font parties de ces personnes rares par leur gentillesse et leur tendresse. Qu'elles trouvent ici, le témoignage de tout mon amour et toute ma reconnaissance pour leur inlassable soutien. Je vous souhaite une vie pleine de réussite, de bonheur et de prospérité

**À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ À
L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL.**

ATHMANI SAHRAOUI

Table des matières

Remerciements.....	i
Dédicaces	ii
Table des matières.....	iv
Liste des abréviations.....	vii
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures.....	xii

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Revue de la littérature

Chapitre I : Généralités sur les muscles et les activités sportives

1. Rappel anatomique, histologique et physiologique sur les muscles.....	3
2. La physiologie du sport.....	5
3. Exploration médicale dans le domaine sportif.....	9

Chapitre II : La nutrition du sportif

1. Les notions fondamentales de la nutrition.....	13
1.1. Les macronutriments.....	13
1.2. Les micronutriments.....	14
1.3. L'index glycémique d'un aliment.....	14
1.4. La charge glycémique d'un aliment.....	14
1.5. La densité énergétique d'un aliment.....	15
1.6. La densité nutritive d'un aliment.....	15
1.7. La qualité biologique d'une protéine.....	15
2. La composition et la valeur nutritive des aliments.....	15
3. Les apports et les recommandations pour le sportif.....	17
4. Les régimes alimentaires suivis par les sportifs.....	22
4.1. Définition du régime alimentaire.....	22
4.2. Les différents types des régimes alimentaires.....	22

Chapitre III : Les compléments alimentaires utilisés par les sportifs

1. Introduction	24
2. Historique des compléments alimentaires.....	24
3. Intérêts de l'usage des compléments alimentaires par les sportifs.....	25

4.	Définitions des compléments alimentaires.....	26
5.	La composition des compléments alimentaires.....	29
5.1.	Les nutriments et les substances à but nutritionnel ou physiologique.....	29
5.2.	Les plantes et préparations de plantes.....	29
5.3.	Les substances utilisées en alimentation humaine.....	30
5.4.	Les additifs, les arômes et auxiliaire technologiques.....	30
6.	La classification des compléments alimentaires.....	31
6.1.	Les compléments alimentaires à base des protéines du lait.....	31
6.2.	Les compléments alimentaires à base d'acides aminés.....	36
6.3.	Les compléments alimentaires à base d'acides gras.....	40
7.	Critères de pureté et sécurité des compléments alimentaires.....	51
8.	Aspects réglementaires.....	52
10.	Aspect sanitaire.....	59
10.1.	Risques des compléments alimentaires sur la santé.....	59
10.2.	Les interactions des compléments avec les médicaments.....	60
10.3.	Les incompatibilités des traitements avec la pratique sportifs.....	60
La partie pratique		
Problématique.....		65
Objectifs de l'étude.....		65
But de l'étude.....		66
I. Matériels et méthodes.....		67
Partie I : étude descriptive des effets des compléments alimentaires à usage sportif sur les paramètres biologiques sanguins des sujets consommateurs		
I.1-	Type, lieu et période de l'étude.....	67
I.2-	Population de l'étude.....	67
I.3-	Recueil des données et déroulement de l'étude.....	68
I.4-	Recueil des échantillons et analyse des prélèvements.....	69
I.5-	Critères de jugement.....	79
I.6-	Analyse statistique des résultats.....	80
I.7-	Aspect éthique.....	80
Partie II : étude du marché des compléments alimentaires à usage sportif au niveau de la wilaya de Tlemcen		
I.1-	Type, lieu et période de l'étude.....	81
I.2-	Échantillon de l'étude.....	81
I.3-	Recueil des données et déroulement de l'étude.....	81
I.4-	Critères de jugement.....	82

I.5- Analyse statistique des résultats.....	82
I.6- Aspect éthique.....	82
II. Résultats.....	85
II.1- Répartition des groupes de l'étude selon les données sociodémographiques.....	83
II.2- Répartition des groupes de l'étude selon les données médicales.....	86
II.3- Répartition des groupes de l'étude selon les données sportives et nutritionnelles.....	89
II.4- Répartition des groupes de l'étude selon les données relatives à la consommation des compléments alimentaires.....	92
II.5- Répartition des groupes de l'étude selon les données biologiques.....	97
II.6- Les marques commerciales des compléments alimentaires à usage sportif dans le marché de la wilaya de Tlemcen.....	108
II.7- Les compléments alimentaires à usage sportif dans le marché de la wilaya de Tlemcen composition et aspect réglementaire.....	110
III. Discussion.....	122
Conclusion et perspectives.....	134
Références bibliographiques.....	136
Annexes.....	161

Liste des abréviations

AA : Acides Aminés.

ADP : Adénosine Diphosphate.

AE : Apport Énergétique.

AET : Apport Énergétique Total.

AFSAA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.

AG : Acides Gras.

AGMI : Acides Gras Mono-Insaturés.

AGPI : Acides Gras Polyinsaturés.

AGS : Acides Gras Saturés.

ALAT : Alanine AminoTransférase.

ALB : Albumine.

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché.

AMPc : Adénosine Monophosphate Cyclique.

ANC : Apports Nutritionnels Conseillés.

ANSES : Agence Nationale de Sécurité des Aliments.

ASAAL : Anti Arthrosiques Symptomatiques d'Action Lente.

ASAT : Aspartate Amino Transférase.

ATN : Anomalie du Tube Neural.

ATP : Adénosine Triphosphate.

AU : Acide Urique.

AVC : Accident vasculaire cérébral.

BCAA : Branched Chain Amino Acids.

BMR : Basal Metabolic Rate.

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication.

CA : Compléments Alimentaires.

CAC : Commission du Codex Alimentarius.

CC : Coefficient de corrélation

CE : Conseil Européen.

CG : Charge Glycémique.

CK : Créatine Kinase.

CLA : Acides Linoléiques Conjugués.

CPT : Carnitine Palmitoyltransférase.

DE : Dépense Énergétique.

DEXA : Dual X-ray Absorptiometry.

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la consommation et de la repression des fraudes.

DHA : Acide DocosaHexaénoïque.

DILIN : Drug Induced Liver Injury Network.

DJA : Dose Journalière Admissible

DLC : Date Limite de Conservation.

EFSA : Agence européenne de sécurité des aliments. (European Food Safety Authority)

EMB : code d'emballage.

EPA : Acide Eicosa-Pentaénoïque.

FAQ : Frequently Asked Questions.

FDA : Food and Drug Administration.

GABA : Acide γ -AminoButyrique.

Gamma –GT : Gamma-Glutamyl Transférase.

GMP : Guanosine MonoPhosphorique.

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point.

HbA1c : Hémoglobine Glyquée

HDL : Lipoprotéine de Haute Densité. (High Density Lipoprotein)

HTA : Hypertension Artérielle.

IADSA : International Alliance of Dietary/Food Supplements associations.

IEI : Indice Énergétique Intégré.

IG : Index Glycémique.

IMC : Indice de Masse Corporelle.

JORF : Journal Officiel Français.

LB : Lactobacillus.

LDL : Lipoprotéine de Basse Densité (Low Density Lipoprotein).

LMR : Limites Maximales de Résidus.

LNCPP : Laboratoire National de Contrôle des Produits Pharmaceutiques.

MCR : Maladie Rénale Chronique.

MG : Masse Grasse.

MP : Matières Premières.

MSPRH : Ministère de la Santé de la Population et de la Réforme Hospitalière.

NAA : Néphropathie aux Acides Aristolochiques.

OGM : Organisme Génétiquement Modifié.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

P : probabilité de commettre l'erreur alpha.

PAL : Physical Activity Level.

PP : Pellagra Preventive (Vit B3).

PT : Protéines Totales.

SCF : Solute Carrier Family.

SNAPO : Syndicat National Algérien des Pharmaciens d'Officine.

TEE : Total Energy Expenditure.

TG : Triglycerides.

TMG : Triméthylglycine.

UN : United Nations.

UE : Union Européenne.

VLDL : Lipoprotéine de très basse densité. (Very Low Density Lipoprotein)

WPC : Whey Protein Concentrate.

WPI : Whey Protein Isolate.

°C : degré Celsius

h : heure

l : litre

kcal : kilocalorie

kg : kilogramme

m : mètre

mg : milligramme

min : minute

ml : millilitre

mm : millimètre

s : seconde

µg : microgramme

Liste des tableaux

Tableau 01 : Intérêts et limites de la mesure de pli cutané.....	10
Tableau 02 : Intérêts et limites de l'impédancemétrie bioélectrique.....	11
Tableau 03 : Intérêts et limites de l'hydrodensitométrie.....	11
Tableau 04 : Intérêts et limites de la DEXA.....	11
Tableau 05 : Équations prédictives du BMR à partir du poids.....	18
Tableau 06 : Le ratio d'activité physique de différentes taches journalières.....	20
Tableau 07 : Les apports journaliers recommandés en minéraux et oligoéléments.....	22
Tableau 08 : La distinction entre un complément alimentaire et un médicament.....	28
Tableau 09 : Comparaison entre les caséines et les protéines sériques.....	32
Tableau 10 : La composition moyenne d'un lactosérum doux et un lactosérum acide.....	32
Tableau 11 : Les protéines de lactosérum.....	32
Tableau 12 : Les effets secondaires des médicaments chez les sportifs.....	64
Tableau 13 : Les paramètres biochimiques dosés pour chaque sportif.....	73
Tableau 14 : Valeurs normales des paramètres biochimiques évalués chez les sujets sportif..	81
Tableau 15 : Classification des troubles pondéraux chez l'adulte en fonction de l'IMC.....	81
Tableau 16 : La durée moyenne d'une séance de musculation pour les deux groupes.....	94
Tableau 17 : Les corrélations entre la CK et le profile de l'exercice sportif.	103
Tableau 18 : Les différentes marques des compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la Wilaya de Tlemcen.....	113
Tableau 19 : L'aspect réglementaire des substances utilisées en tant que compléments alimentaires.....	116
Tableau 20 : L'aspect réglementaire des substances utilisées en tant qu'additifs alimentaires.....	119

Liste des figures

Figure 01 : Dénomination des principaux muscles squelettiques.....	03
Figure 02 : Structure d'un sarcomère et leurs disques composants.....	04
Figure 03 : La composition corporelle de référence.....	09
Figure 04 : Les ingrédients entrant dans la composition des compléments alimentaires.....	31
Figure 05 : Les micelles de la caséine.....	36
Figure 06 : Structures chimiques de la leucine, l'isoleucine et la valine.....	38
Figure 07 : Structure chimique de la glutamine.....	39
Figure 08 : Structure chimique de l'arginine.....	39
Figure 09 : Structure chimique de la béta-alanine.....	40
Figure 10 : Structure chimique des acides gras de la série oméga-3.....	41
Figure 11 : Structures chimiques des acides linoléiques conjugués.....	42
Figure 12 : Structure chimique de la créatine.....	46
Figure 13 : Structure chimique de la citrulline.....	47
Figure 14 : Structure chimique de la taurine.....	48
Figure 15 : Structure chimique de la caféine.....	48
Figure 16 : Structure chimique de la L-carnitine.....	49
Figure 17 : Structure chimique de la bétaine.....	50
Figure 18 : Structure chimique de la glucosamine.....	50
Figure 19 : Phase préanalytique : la centrifugation des prélèvements recueillis.....	72
Figure 20 : Phase préanalytique : décantation des plasmas.....	73
Figure 21 : Répartition des sujets sportifs par tranches d'âge.....	87
Figure 22 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'activité professionnelle.....	88
Figure 23 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'état civil.....	88
Figure 24 : Répartition des groupes de l'étude en fonction du niveau d'instruction.....	89
Figure 25 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'IMC (kg/m ²).....	90

Figure 26 : Comparaison des niveaux moyens de l'IMC dans les deux groupes d'étude.....	90
Figure 27 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de leurs habitudes tabagiques....	91
Figure 28 : Répartition des groupes de l'étude selon les antécédents d'analyse médicale.....	92
Figure 29 : Répartition des groupes de l'étude selon les antécédents familiaux de maladie...	92
Figure 30 : Répartition des groupes de l'étude selon la durée de musculation.....	93
Figure 31 : Répartition des groupes de l'étude selon la fréquence hebdomadaire d'entraînement.....	93
Figure 32 : Répartition des groupes de l'étude selon l'intensité de l'exercice.....	94
Figure 33 : Répartition des groupes de l'étude selon la pratique d'un autre sport en parallèle.....	95
Figure 34 : Répartition des groupes de l'étude selon l'apport protéique journalier.....	95
Figure 35 : Répartition des sportifs témoins selon les raisons de non consommation des CA.....	96
Figure 36 : Répartition des sportifs selon les raisons de consommation des CA.....	97
Figure 37 : Répartition des sportifs en fonction des motivations de la consommation des CA.....	97
Figure 38 : Répartition des sportifs selon la durée de consommation des CA.....	98
Figure 39 : Répartition des sportifs selon les types de CA consommés.....	98
Figure 40 : Répartition des sportifs consommateurs de CA selon le respect des doses recommandées.....	99
Figure 41 : Répartition des sportifs selon les sources d'achats des CA.....	99
Figure 42 : Répartition des sportifs selon les critères d'achat des compléments alimentaires.....	100
Figure 43 : Comparaison des distributions de l'hémoglobine glyquée dans les deux groupes de l'étude.....	101
Figure 44 : Comparaison des distributions de la glycémie dans les deux groupes de l'étude.....	101
Figure 45 : Comparaison des distributions de la Créatine Phospho-Kinase (CPK) dans les deux groupes de l'étude.....	102
Figure 46 : Nuage à point de la CPK en fonction de l'IMC.....	102

Figure 47 : Comparaison des distributions de l'urémie dans les deux groupes de l'étude.....	103
Figure 48 : Comparaison des distributions de la glycémie dans les deux groupes de l'étude.....	104
Figure 49 : Comparaison des distributions de la cholestérolémie totale dans les deux groupes de l'étude.....	104
Figure 50 : Comparaison des distributions de la triglycéridémie dans les deux groupes de l'étude.....	105
Figure 51 : Comparaison des distributions de l'uricémie dans les deux groupes de l'étude.....	106
Figure 52 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des ASAT dans les deux groupes de l'étude.....	106
Figure 53 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des ALAT dans les deux groupes de l'étude.....	107
Figure 54 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des γ -GT dans les deux groupes de l'étude.....	107
Figure 55 : Comparaison des distributions de la sidérémie dans les deux groupes de l'étude.....	108
Figure 56 : Comparaison des distributions de l'albuminémie dans les deux groupes de l'étude.....	109
Figure 57 : Comparaison des distributions de la calcémie dans les deux groupes de l'étude.....	109
Figure 58 : Comparaison des distributions de la protidémie totale dans les deux groupes de l'étude.....	110
Figure 59 : Comparaison des distributions de la bilirubinémie directe dans les deux groupes de l'étude.....	110
Figure 60 : Comparaison des distributions de la bilirubinémie totale dans les deux groupes de l'étude.....	111
Figure 61 : Distribution des différentes marques commerciales selon leurs pays d'origine.....	114
Figure 62 : Le pourcentage des marques commerciales certifiées.....	114
Figure 63 : Distribution des différentes marques commerciales selon leur certification.....	115

Figure 64 : Le statut réglementaire des substances utilisées entant que CA.....	117
Figure 65 : La quantité de caféine présente dans les compléments alimentaires caféinés commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen (mg/15g).....	117
Figure 66 : La quantité de créatine présente dans les compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen (mg/15g).....	118
Figure 67 : Répartition des additifs alimentaires utilisés dans la fabrication des CA selon la réglementation Algérienne.....	120
Figure 68 : La toxicité des additifs alimentaires selon la réglementation Européenne.....	121
Figure 69 : Répartition des compléments alimentaires selon la présence ou non de produits dopants.....	121

Introduction

Les compléments alimentaires au même titre que les médicaments font partie aujourd'hui de notre paysage (1). Ils sont l'objet d'une promotion et d'une large utilisation partout dans le monde pour des motifs de perte de poids, d'amélioration de la dépense d'énergie et des performances, ou de compensation de déficits réels ou supposés. Les compléments alimentaires comprennent des nutriments essentiels, vitamines, minéraux, protéines. Cependant, en 1994, le congrès américain, par le vote du DSHEA (*Dietary Supplement Health and Education Act*) en a élargi la définition à tout produit susceptible d'être ingéré dans le but de compléter le régime alimentaire. Ceci étend la définition au-delà des vitamines et des minéraux, à l'herboristerie et aux substances extraites de ces plantes, acides aminés, enzymes (2), à des ingrédients traditionnels, des additifs, des arômes dont l'emploi est autorisé en alimentation humaine (3, 4, 5).

Le marché des compléments alimentaires est très orienté en direction des bodybuilders ou culturistes mais depuis plusieurs années la consommation de ces produits tend à se développer dans d'autres disciplines sportives (1, 6). Ainsi, de nombreux sportifs de tout âge, de tous niveaux et souhaitant participer à une manifestation sportive peuvent avoir recours à des compléments alimentaires afin d'améliorer leurs performances physiques. Cette pratique, culturelle dans ces milieux de sports de force, est de plus en plus répandue parmi le grand public et s'est banalisée, parfois même chez les plus jeunes pratiquants (7) : ceci est en adéquation avec la croissance explosive du marché des compléments alimentaires et sa progression spectaculaire au cours de ces dernières années (8). L'industrie des compléments alimentaires rapporte des milliards de dollars et est axée sur les profits. En 2000, le marché des compléments alimentaires équivalait à 49,5 milliards de dollars (BNJ, PhytoPharm, 2001). Les États-Unis représente 35 % du marché (17 milliards de dollars), suivis de l'Europe avec 32 % (16 milliards de dollars) (1). En France, sa régulation relève de plusieurs institutions. Au plan scientifique, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) émet des directives en statuant sur les grilles d'apports nutritionnels et sur l'utilisation rationnelle et prudente de ces différents compléments alimentaires (8). Par contre, en Algérie, ce marché évolue sans aucun contrôle ni réglementation (9). Récemment, des dispositions réglementaires régissant l'enregistrement et la commercialisation des compléments alimentaires et des plantes médicinales sont en cours d'élaboration par un comité d'experts, sous la responsabilité du ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière pour la protection des consommateurs (10).

Les compléments alimentaires sont souvent présentés comme étant incontournables dans la préparation des sportifs, quel que soit leur niveau. Si la diététique et la nutrition sportives ont permis une évolution positive sur la conduite alimentaire indispensable à la pratique d'exercices physiques intenses, l'emploi parfois irrationnel des compléments alimentaires nécessite réflexion (8). De nombreuses substances peuvent entrer dans la composition des compléments alimentaires destinés aux sportifs et sont souvent présentées comme ayant la capacité d'augmenter la masse musculaire ou de réduire la masse grasse. D'une part, plusieurs de ces produits peuvent poser de graves problèmes de santé surtout pour les personnes présentant des facteurs de risque cardiovasculaire, souffrant d'insuffisance rénale, d'une altération des fonctions du foie ou de troubles neuropsychiatriques (2, 7).

D'autre part, certaines de ces substances sont inscrites sur la liste des substances interdites éditée et révisée tous les ans par l'agence mondiale antidopage. Toutefois bien que les compléments alimentaires contenant ces substances ne soient pas autorisés à la vente, il est possible de se les procurer notamment sur internet. Certains sportifs peuvent ainsi consommer des substances interdites, parfois même sans le savoir dans le cas où le complément alimentaire est adultéré (2, 6). Par ailleurs, comme il semble que la consommation des compléments alimentaires par les sportifs soit de plus en plus encouragée sur les forums et par les produits bien visibles sur internet, les consommateurs sont très peu susceptibles de bénéficier d'un encadrement médical ou de conseils de professionnels de santé (6) ce qui accentue les risques liés aux mauvaises conditions d'utilisation de ces compléments et rend possible la consommation de produits falsifiés (2).

À notre connaissance, à Tlemcen, aucun travail scientifique ne s'est intéressé spécifiquement aux compléments alimentaires à usage sportif. Dans cette perspective nous nous sommes proposés de réaliser deux études transversales descriptives dont les objectifs principaux étaient de décrire la composition des compléments alimentaires à usage sportif commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen ainsi que les éventuels effets positifs et/ou négatifs de leur consommation sur les paramètres biochimiques sanguins d'un groupe de sportifs de la région de Tlemcen.

Le but de ce travail est de sensibiliser les jeunes sportifs sur les effets positifs et négatifs possibles des compléments alimentaires sur l'état de santé de leurs consommateurs et d'attirer l'attention des professionnels de santé, particulièrement les pharmaciens, sur l'obligation d'approfondir leurs connaissances sur ce sujet afin de contribuer à une utilisation plus adaptée de ces produits et surtout moins aléatoire pour la santé.

Revue de la littérature



I. Chapitre I : Généralités sur les muscles et les activités sportives

1. Rappel anatomique, histologique et physiologique sur les muscles :

Les muscles sont présents dans toutes les parties du corps humain : on en compte plus de 600, aussi bien dans le visage que dans les membres ou les viscères (**Figure 01**). Au total, ils représentent près de la moitié de notre masse corporelle.

Une grande partie de nos muscles sont attachés aux os du squelette : on les appelle les muscles squelettiques. En se contractant sous la commande des influx nerveux, ils rapprochent leurs extrémités l'une de l'autre, ce qui fait pivoter les os dans leurs articulations et génère des mouvements parfois très complexes. Ils sont également responsables du maintien du tonus et de la posture du corps (**11**).

Le point d'attache sur l'os immobile est appelé l'origine du muscle ; celui situé sur l'os mobile se nomme l'insertion. Quant à la partie centrale et charnue du muscle, il s'agit du ventre. Certains muscles possèdent plusieurs origines et, donc, plusieurs ventres. Selon le nombre de leurs tendons, ils prennent le nom de biceps, triceps ou quadriceps (**12**).

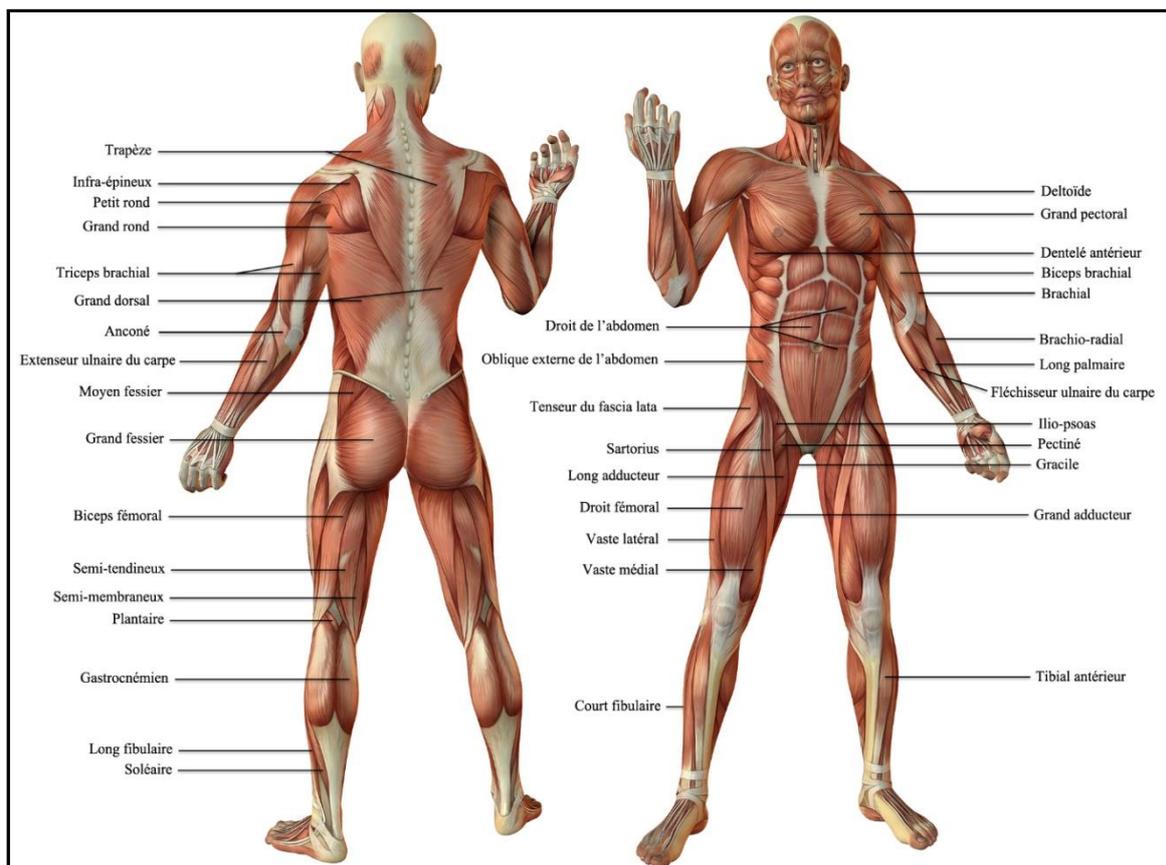


Figure 01 : Dénominations des principaux muscles squelettiques (**12**).

Les muscles squelettiques sont essentiellement composés de fibres musculaires, des cellules filiformes d'une longueur moyenne de 3 cm et qui peuvent atteindre 50 cm. Elles sont

groupées par faisceaux abondamment vascularisés ; ces cellules contiennent de longs fils, les myofibrilles. Ces dernières présentent des stries colorées très particulières qui sont intimement liées au mécanisme de contraction des fibres (11).

Ces stries des myofibrilles sont dues à la présence de deux types de filaments : les filaments épais et les filaments minces. Les disques A, de couleur sombre, sont composés des deux types de filaments, tandis que les disques I, plus clairs, ne contiennent que des filaments minces (Figure 02).

La myosine est le constituant principal des filaments épais. Arrangées en faisceaux, les molécules de cette protéine projettent leur tête vers l'extérieur. Quant aux filaments minces, ils sont composés de trois protéines : l'actine, la tropomyosine et la troponine (13).

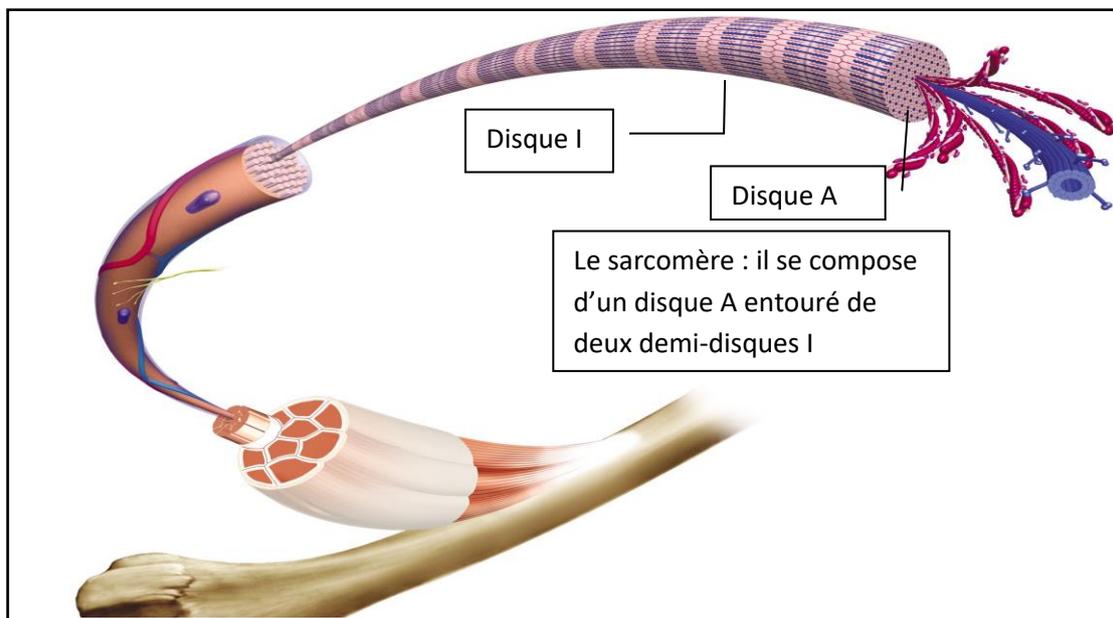


Figure 02 : Structure d'un sarcomère et leurs disques composants (14).

- **La contraction des muscles squelettiques :**

Dans un muscle au repos, les filaments minces et épais des myofibrilles sont imbriqués lâchement les uns dans les autres, de telle sorte que les espaces existant entre deux filaments épais consécutifs forment les disques I (15).

Lorsqu'un neurone transmet un influx nerveux à la fibre musculaire, les têtes des molécules de myosine sont énergisées. Elles se lient alors avec les molécules d'actine des filaments minces et y déchargent leur énergie. Cette réaction a pour effet de faire glisser le filament mince vers le centre du disque A et donc de diminuer la longueur des sarcomères : la fibre musculaire se contracte (15).

Si l'influx nerveux cesse, une réaction chimique bloque l'interaction entre la myosine et l'actine, ce qui ramène les filaments minces dans leur position initiale : le muscle se détend. (15) Sur le plan de la vie de relation, le muscle strié est donc créateur de postures et de

mouvements, que ce soit dans la vie de tous les jours, dans les tâches professionnelles ou dans les activités physiques et sportives. Il intervient également dans la vie végétative ; c'est le cas du myocarde et des muscles respiratoires (16).

Le muscle représente chez l'homme une masse relativement importante, environ 40 % du poids corporel (30 % chez la femme). Cette grande masse musculaire joue également un rôle important dans la thermogénèse et pose des problèmes de thermorégulation, puisqu'au minimum 75 à 80 % de l'énergie échangée apparaît sous forme de chaleur. La caractéristique principale du muscle est de transformer l'énergie chimique en énergie mécanique (16).

2. La physiologie du sport :

Le mouvement, l'exercice et le sport exigent la génération de force par les fibres du muscle squelettique. Cette force peut être générée lorsque les muscles squelettiques restent statiques, deviennent plus courts ou augmentent en longueur (17). Ces actions sont le résultat de changements biochimiques et structurels qui ont lieu dans les fibres du muscle squelettique après l'activation neurale et qui ont besoin d'énergie sous forme de l'adénosine triphosphate (ATP). Au cours de la plupart des exercices, les muscles alternent entre actions musculaires statiques et dynamiques.

▪ Action musculaire statique (isométrique) :

Les actions musculaires statiques se produisent lorsque les muscles génèrent une force sans changer de longueur, et il n'y a pas de mouvement conjoint associé. Dans les actions statiques, les myofilaments myosine et actine forment des ponts croisés et génèrent de la force, mais la résistance externe est supérieure à la force produite par le muscle. Bien qu'il y ait des dépenses d'énergie, pas de travail est fait parce qu'il n'y a pas de déplacement. Un exemple de ce type d'action musculaire est la réalisation d'une croix sur l'appareil à anneaux par un gymnaste (18).

▪ Action musculaire dynamique :

Les actions musculaires dynamiques peuvent être divisées en concentriques ou excentriques.

✓ **Actions concentriques :** Lors d'actions concentriques, les muscles produisent assez de force pour vaincre la résistance extérieure, les myofilaments d'actine et de myosine forment des ponts croisés, les muscles se raccourcissent bougent les articulations. Étant donné qu'il y a une force de production et de déplacement, dépense énergétique résultats de travail (parfois appelé travail positif). Ce type d'action musculaire est utilisé pour déplacer le corps pendant l'exercice, les activités sportives et lors du déplacement d'objets externes (18).

✓ **Actions excentriques :** Au cours des actions excentriques, le muscle s'allonge pendant qu'il génère la force. L'allongement se produit parce que la résistance externe se déplace dans la direction en face du raccourcissement (18).

2.1. Réponse métabolique aiguë à l'exercice :

De l'énergie tirée des liaisons phosphate à haute énergie est nécessaire pour l'activité musculaire. La cellule stocke une petite quantité d'ATP près des protéines contractiles (19). L'utilisation de cet ATP n'est pas dépendant d'un apport d'oxygène, et donc de l'énergie est disponible dès que le muscle en a besoin. Pour que l'exercice se poursuive au-delà de quelques secondes, les cellules doivent synthétiser de l'ATP par l'une des deux voies métaboliques : anaérobie (glycolytique) ou aérobie (oxydative). Tous les systèmes énergétiques contribuent à répondre aux besoins énergétiques de différents événements sportifs mais 1 ou 2 prédomine en fonction des spécificités sportives (principalement aérobie ou anaérobie).

Les activités dépendant principalement du système ATP-phosphocréatine (PC) et de la glycolyse anaérobie sont classées comme activités anaérobies. Exemples d'exercices dans cette catégorie comprennent des courses sur piste de 100 à 800 m, des balançoires de golf ou de tennis, des épreuves de lancer dans l'athlétisme et d'autres épreuves où l'activité musculaire dure 2-3 minutes (20). Activités de plus longue durée qui dépendent principalement de l'oxydation métabolique, comme la natation et la course sur de longues distances, sont classées comme activités aérobiques. De nombreuses activités sportives exigent un mélange de métabolisme anaérobie et aérobie. Dans les sports « stop and go » tels que le basketball et tennis, environ 60 % à 70 % de l'énergie provient de magasins de phosphate de créatine (CP) et glycolyse anaérobie et les 30 % restants provenant de processus oxydants (21).

2.2. Réponse cardiovasculaire aiguë à l'exercice :

Les déterminants de la consommation d'oxygène sont résumés dans l'équation de Fick comme suit :

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$$

Où VO_2 est le volume d'oxygène consommé, CO est le débit cardiaque, et $CaO_2 - CvO_2$ est la différence d'oxygène entre le sang artériel et le sang veineux (22, 23). Ainsi, les deux facteurs principaux pourraient limiter le VO_2 max : le débit cardiaque et la capacité du muscle actif à extraire l'oxygène du sang artériel.

▪ Débit cardiaque :

En général, le débit cardiaque augmente linéairement avec l'intensité de l'exercice, à partir d'une valeur de repos d'environ 5 L / min à 20-40 L / min, en fonction du niveau de conditionnement. Pendant l'exercice, il y a une redistribution du flux sanguin de sorte qu'environ 95 % du CO est détourné vers le cœur et muscles squelettiques actifs. Chez les individus en bonne santé, le volume systolique augmente avec l'augmentation de la puissance jusqu'à environ 40 % à 60 % de le VO_2 max puis se stabilise (24). Le reste de l'augmentation du CO avec l'augmentation de l'intensité de l'exercice dépend principalement de la fréquence cardiaque(24).

- **Tension artérielle :**

La pression artérielle systolique augmente avec l'intensité de l'exercice alors que la pression artérielle diastolique reste relativement inchangée (22, 23, 25). Si l'exercice est effectué avec les bras seulement, l'augmentation de la pression artérielle est environ 10 % plus grande que lorsque l'exercice est effectué avec les jambes car la plus petite masse musculaire et le système vasculaire des bras offrent une plus grande résistance à la circulation sanguine.

Ainsi, l'exercice du bras devrait être fait avec prudence par les personnes atteintes de maladie cardiovasculaire. Pendant l'exercice qui implique des actions musculaires statiques, il existe une augmentation modérée du débit cardiaque et une vasoconstriction localisée qui limite le flux sanguin. Cette combinaison provoque une hausse dans les pressions artérielles systolique et diastolique que pendant l'exercice dynamique à la même durée et intensité. Pendant les actions musculaires statiques maximales des bras, les pressions artérielles systolique et diastolique peuvent dépasser 220 et 150 mm Hg, respectivement (22).

2.3. Les facteurs affectant les performances de l'exercice aérobie :

- **L'état acido-basique du muscle :**

L'acide lactique, un sous-produit métabolique de glycolyse anaérobie, augmente l'acidité intracellulaire des muscles et altère les actions musculaires. Le seuil de lactate ou l'intensité d'exercice à laquelle le lactate commence à s'accumuler est bon indicateur de la performance individuelle en endurance (26, 27).

- **Le sexe :**

Les femmes ont un cœur plus petit, un volume de sang faible et un taux d'hémoglobine plus bas entraînant une diminution du volume systolique et de la capacité de transport d'oxygène par le sang. Les femmes ont un VO_2 max, soit environ 75 % de celui des hommes ; cette différence liée au sexe est plus faible une fois corrigée des différences de taille et poids du corps (26, 27).

- **L'âge :**

Avec l'âge, la capacité aérobie diminue en partie à cause d'une réduction de l'activité physique habituelle. La capacité aérobie diminue d'environ 10 % par décennie chez les hommes et les femmes (26, 27). Chez les athlètes qui maintiennent un haut niveau d'endurance, la diminution de VO_2 max est environ la moitié de celle des hommes sédentaires (environ 5 % par décennie). Le principal facteur qui entraîne la réduction du VO_2 max avec l'âge est une réduction du débit cardiaque due à l'augmentation de la résistance périphérique et la diminution du volume systolique.

- **La génétique :**

Des études sur des jumeaux identiques et fraternels ont suggéré que la génétique compte pour 20 % à 30 % des valeurs du $\text{VO}_2 \text{ max}$ (28, 29).

2.4. Physiologie à long terme ; l'adaptation à l'exercice d'endurance :

L'entraînement physique est associé à des adaptations significatives dans de nombreux systèmes physiologiques spécifiques au type d'entraînement. L'entraînement en endurance suscite de nombreuses adaptations dans le squelette, les muscles et dans les systèmes métabolique et cardiorespiratoire. Ensemble, ces adaptations améliorent la capacité à fournir et à utiliser l'oxygène pour la production d'énergie pour les exercices prolongés, les performances sportives et les activités de la vie quotidienne sans fatigue excessive (21, 23, 30).

- **Adaptations métaboliques dans le muscle squelettique :**

L'entraînement en endurance entraîne une augmentation du nombre des capillaires par fibre musculaire et du nombre et de la taille des mitochondries dans les muscles squelettiques. Les nouveaux capillaires qui se forment dans les muscles entraînés entraînent une augmentation du flux sanguin vers les muscles actifs et fournissent une plus grande surface pour l'échange de gaz pendant l'exercice. L'augmentation du contenu mitochondrial et de la concentration d'enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides et des lipides améliore la capacité oxydative et la capacité d'extraire et d'utiliser l'oxygène du sang artériel. En conséquence, les réserves de glycogène sont épargnées et la production de lactate à une intensité d'exercice donnée est moindre. L'augmentation des mitochondries dans la région sous-sarcolemme des fibres musculaires raccourcissent la distance de diffusion de l'oxygène (31, 32).

- **Adaptations cardiovasculaires :**

L'entraînement d'endurance augmente le volume plasmatique et sanguin total. L'augmentation du volume plasmatique entraîne également une hémodilution relative et une concentration d'hémoglobine faible (pseudoanémie du coureur). La faible viscosité sanguine améliore le mouvement du sang dans les capillaires et peut améliorer l'apport d'oxygène aux muscles actifs (33).

Au niveau du cœur, l'augmentation du volume plasmatique provoque une augmentation du volume en fin de diastole et du recul élastique du ventricule gauche (33). L'entraînement en endurance mène également à une augmentation de la masse musculaire du ventricule gauche et sa dilatation qui entraîne une contraction plus forte. Ces deux adaptations améliorent la fraction d'éjection et le volume systolique au repos, et pendant l'exercice sub-maximal et maximal. La fréquence cardiaque au repos diminue après quelques semaines d'endurance en raison d'une augmentation de l'activité parasympathique et d'une réduction de l'activité sympathique (34).

3. Exploration médicale dans le domaine sportif :

3.1. Les paramètres anthropométriques :

La composition corporelle correspond à l'analyse du corps humain en compartiments (**Figure 03**). Ceux-ci ont un intérêt particulier en fonction de la discipline médicale considérée. Par exemple en médecine du sport, mesurer le poids ne suffit pas à comprendre comment améliorer la performance d'un segment de membre au cours d'un exercice spécifique. Déterminer la masse musculaire de ce segment est plus rationnel.

De la même manière, au cours d'une stratégie de réduction pondérale chez un obèse, il peut être intéressant de vouloir cibler une perte de masse grasse et d'épargner la masse musculaire ou de certains organes. Dans ce cas, la mesure du poids ne suffit pas.

Il faut envisager d'une part de définir des compartiments importants en nutrition, et d'autre part les méthodes permettant de les mesurer (**35**).

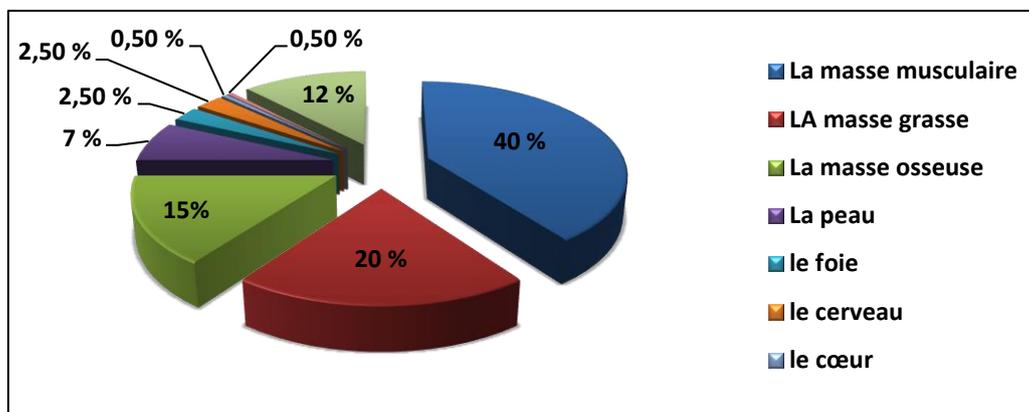


Figure 03 : La composition corporelle de référence (**36**).

3.1.1. L'indice de masse corporelle (IMC) :

L'Organisation Mondiale de la Santé a fait de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), rapport du poids (en kilogrammes) sur le carré de la taille (en mètre carré), l'instrument privilégié pour l'étude de la corpulence au niveau mondial. Tirant ses origines des travaux d'Adolphe QUETELET dont on lui donne aussi parfois le nom, cet indice ne s'est imposé que récemment pour saisir et mesurer l'obésité sur de larges populations. Son caractère pratique, puisqu'il repose sur les données de la taille et du poids, qui sont plus facilement accessibles que le tour de taille par exemple, a fortement contribué à son succès. L'usage de cet outil comporte toutefois un certain nombre de limites qui tiennent pour une grande part à la manière dont cet indice a été construit et qui conditionnent aujourd'hui la manière dont est mesurée la corpulence (**37**).

- **Les limites de l'IMC :**
- L'IMC est insuffisant pour caractériser finement la silhouette : il ne donne pas d'information sur la distribution de la graisse dans l'organisme (pour les hommes les graisses sont localisées au niveau abdominal ce qui définit l'obésité androïde alors que pour les femmes les graisses sont localisées au niveau des fesses et des jambes ce qui définit l'obésité gynoïde), l'excès de graisse au niveau abdominal étant le plus néfaste,
- L'IMC ne reflète pas l'histoire du poids : une perte ou un gain massif de poids entraînent un surcroît du risque pour la santé, et ce quel que soit l'IMC,
- L'IMC ne reflète pas seulement la masse grasse : malgré sa forte liaison avec la masse grasse, il ne rend pas seulement compte de la masse grasse, mais aussi de la masse musculaire ou du poids des os. Ce problème est rencontré chez les athlètes qui ont une masse musculaire importante (l'IMC surestime la masse grasse chez les athlètes),
- L'IMC ne tient pas compte de l'âge et du sexe : le pourcentage de la masse grasse est plus important chez les femmes que chez les hommes et augmente aussi avec l'âge.
- L'IMC ne tient pas compte de l'origine ethnique : les seuils de l'OMS sont fondés sur la population nord-américaine et européenne, ce qui pose des problèmes quand on les utilise à l'autre bout du monde on observe chez les Asiatiques un risque accru lié à l'obésité pour des valeurs inférieures de l'IMC et une plus grande prédisposition à l'obésité abdominale (38, 39, 40).

3.1.2. La mesure des plis cutanés :

On utilise une pince à pli cutané pour mesurer l'épaisseur du pli bicipital (bras), du pli tricipital (avant-bras), sous-scapulaire (omoplate) et supra-iliaque (hanches). Des formules permettent de calculer à partir de ces mesures la masse grasse totale avec une marge d'erreur assez faible (20, 38). Le tableau ci-dessous (**Tableau 01**) résume les intérêts et les limites de cette méthode.

Tableau 01 : Intérêts et limites de la mesure de pli cutané (38).

Intérêts	Limites
Simple et rapide	Interférence liée à l'opérateur
Coût très faible	Tendance à sous-estimer l'obésité gynoïde

3.1.3. L'impédancemétrie bioélectrique :

Calcule la masse grasse par la mesure de la conduction électrique des tissus. Les tissus contenant la masse maigre, essentiellement composée d'eau, constituent donc un meilleur conducteur électrique (41, 42). Les principaux intérêts et limites de l'impédancemétrie bioélectrique sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 02**).

Tableau 02 : Intérêts et limites de l'impédancemétrie bioélectrique (42).

Intérêts	Limites
Technique simple et facile	Les conditions de mesure (la température et orthostatisme) influencent le résultat
Peu coûteuse et indolore pour le patient	La pertinence de l'équation qui déduit la MG n'a été prouvée que sur certaines populations
	Surestime la masse maigre en cas d'œdème

3.1.4. L'hydrodensitométrie :

Elle consiste à calculer la masse grasse d'un individu à partir de sa densité, obtenue en l'immergeant dans l'eau. Elle repose sur le principe d'Archimède qui donne le volume d'un corps en le plongeant dans l'eau (43).

Tableau 03 : Intérêts et limites de l'hydrodensitométrie (43).

Intérêts	Limites
Une bonne fiabilité	Nécessite un équipement adapté
	Difficile à mettre en œuvre dans les cas d'obésité les plus sévères

3.1.5. DEXA (l'absorptiométrie bi photonique à rayons X*) :

Elle consiste à balayer l'ensemble du corps avec un faisceau de rayons X à deux niveaux d'énergie. Le rapport des atténuations de ces deux rayonnements est fonction de la composition de la matière traversée. Cette méthode permet ainsi après traitement informatique de distinguer et de mesurer la masse grasse, la masse maigre et le contenu minéral osseux dans l'ensemble du corps (44, 45).

Tableau 04 : Intérêts et limites de la DEXA (46).

Intérêts	Limites
Peu influencé par l'état d'hydratation	Coût très élevé
Bonne reproductibilité	Inadaptation des appareils aux cas d'obésité les plus massifs

3.2. Les paramètres biologiques :

Les principaux paramètres biologiques pour le suivi des sportifs de force sont :

▪ La créatinine :

a- La créatinémie :

La créatinine est un catabolite de la créatine musculaire. Chez un sujet donné, la production quotidienne de créatinine est remarquablement fixe, dépendant de la masse musculaire du sujet.

b- La créatinurie :

Si la fonction rénale est normale, la créatinurie des 24 heures est un bon reflet de la masse musculaire du sujet, 1 g de créatinurie correspond à une masse de 17 à 20 kg de muscles squelettiques.

▪ L'urée : -Le débit urinaire-

Le débit uréique quotidien est égal aux apports alimentaires en régime stable en l'absence de fièvre, de traumatisme et d'hémorragie (6 g de protides fournissent 2 g d'urée). Il varie chez l'adulte entre 15 et 30 g / 24 H, pour un adulte de 70 kg prenant 1 g/ kg de protide par jour le débit uréique sera de 23.3 g / 24 h.

▪ La créatine kinase :

La créatine kinase (CK) est très répandue dans le muscle, le myocarde et le cerveau. Les exercices musculaires intenses provoquent une rhabdomyolyse, le contenu cellulaire passe donc au niveau sanguin ce qui induit une élévation du taux de la créatine kinase.

▪ L'albumine :

C'est le marqueur nutritionnel le plus couramment utilisé pour évaluer l'état nutritionnel. Synthétisée par le foie, catabolisé par le tractus digestif et l'endothélium vasculaire avec une demi-vie de l'ordre de 21 jours, l'albuminémie varie normalement entre 35 et 50 g/l (47).

3.3.L'électromyographie :

Méthode consistant à recueillir les courants électriques dits «d'action», qui parcourent les fibres musculaires lors de leur contraction et à les amplifier pour les enregistrer.

Deux conducteurs isolés sont enfoncés dans le muscle. L'enregistrement obtenu dépend du nombre des unités motrices et est le témoin de l'état de la grappe myo-neural, c'est-à-dire du groupement neuromusculaire formé par une fibre nerveuse et les myones auxquels elle transmet l'influx nerveux. Cette technique présente un grand intérêt diagnostique en traumatologie (les lésions neuromusculaires, les paralysies, les crampes musculaires, la fatigue ...) (48).

Chapitre II : La nutrition du sportif

1. Les notions fondamentales de la nutrition :

1.1. Les macronutriments :

Les macronutriments sont des « produits chimiques fournissant de l'énergie » ou des « substances requises dans des quantités relativement importantes par les organismes vivants » (49).

▪ Les glucides :

Ils ont un intérêt considérable en matière d'énergie puisqu'ils couvrent globalement 50 à 70 % des besoins : 1 g de glucides apporte 4 kcal. La principale fonction métabolique des glucides est d'assurer l'homéostasie glycémique moyennant un apport adéquat et la possibilité de stockage tissulaire sous la forme de glycogène, ce stockage est limité à 300 g, soit une réserve énergétique de 1200 kcal (50).

▪ Les protéines :

Les protéines alimentaires fournissent les acides aminés (AA) nécessaires à la couverture des besoins protéiques de l'organisme. Elles apportent 4 kcal/g et ont le statut de macronutriments énergétiques (51).

▪ Les lipides :

Les lipides alimentaires sont multiples. Ce sont des sources importantes d'énergie (9 kcal pour 1 g) et qui améliorent la palatabilité des aliments.

✓ **Les acides gras** : sont les briques de base de nombreux lipides dont les lipides énergétiques.

- Selon le nombre d'insaturation, les acides gras (AG) sont classés en trois catégories : acides gras saturés (AGS), acides gras mono-insaturés (AGMI) et acides gras polyinsaturés (AGPI).
- Un acide gras est dit indispensable ou essentiel (acide linoléique, acide α linoléique, acide docosahexaénoïque (DHA)) lorsqu'il doit être apporté par l'alimentation et que l'organisme ne dispose pas de voies métaboliques pour le synthétiser.
- Les acides gras trans sont issus d'une hydrogénation catalytique partielle et utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Leur consommation est associée à une augmentation du LDL-cholestérol et une diminution du HDL-cholestérol avec accroissement du risque cardiovasculaire d'environ 25 % pour une augmentation des AG trans de 2 % (52).

✓ **Le cholestérol** : n'est contenu que dans les aliments d'origine animale. Les stérols et stanols du règne végétal interfèrent avec l'absorption du cholestérol et peuvent réduire son taux (53).

1.2. Les micronutriments :

Les micronutriments sont des nutriments sans valeur énergétique, mais vitaux pour l'organisme. Ils regroupent les vitamines, les minéraux et les oligo-éléments et sont actifs à de très faibles doses.

▪ Les vitamines :

Regroupent des composés (essentiels) très hétérogènes par leur nature chimique et leur fonction. Elles sont nécessaires à la mise en œuvre de nombreux processus enzymatiques et synthèses. Leur synthèse endogène est ou absente ou insuffisante (vitamine D), ou nécessite un précurseur (caroténoïdes pour la vitamine A). Leur carence peut être à l'origine d'une maladie spécifique (54, 55).

▪ Les minéraux :

✓ Les macroéléments :

Ce sont :

- Calcium ;
- Phosphore ;
- Magnésium ;
- Potassium et sodium.

✓ Les oligoéléments :

Ils interviennent dans de nombreux processus biologiques et enzymatiques. Les plus remarquables sont : le fer (besoins journaliers de 20 mg pour un stock de 4 g) dont on connaît le rôle essentiel dans le transport de l'oxygène par l'hémoglobine, le cuivre, le zinc, l'iode, le fluor, le cobalt, le sélénium, le manganèse, le molybdène, le chrome, le nickel, le bore, et bien d'autres... Chacun a une ou plusieurs fonctions plus ou moins définies dont la carence aboutit le plus souvent à une maladie caractérisée (56).

1.3. L'index glycémique d'un aliment :

L'index glycémique (IG) d'un aliment est défini par rapport à un apport glucidique standard. Il est défini comme l'augmentation de l'aire sous la courbe induite par une portion de 50 g d'hydrates de carbone d'un aliment donné exprimé en pourcentage de la même quantité d'hydrates de carbone d'un aliment standard (glucose ou 50 g de pain blanc) consommée par le même sujet. L'IG exprime le degré d'hyperglycémie induit par un aliment. Un IG supérieur à 70 % est élevé alors qu'un IG inférieur à 50 % est bas (57).

1.4. La charge glycémique d'un aliment :

La charge glycémique (CG) apparaît plus pertinente que l'index glycémique. Elle est obtenue en multipliant l'index glycémique par la quantité de glucides contenue dans une portion d'un aliment donné (58, 59).

1.5. La densité énergétique d'un aliment :

Elle traduit la quantité d'énergie apportée par 100 g d'aliments. Plus un aliment est « sec » (exemple : les biscottes par rapport au pain) ou riche en lipides de constitution, plus il est dense en énergie. Un repas apportant la même quantité d'énergie aura un volume variable selon la densité énergétique des aliments qui le composent. Les fruits et les légumes ont une densité énergétique faible (60).

1.6. La densité nutritive d'un aliment :

Elle traduit la teneur en micronutriments pour 1000 kcal. Les graisses saturées et les glucides simples ont une faible densité nutritionnelle mais une haute densité énergétique. Les fruits et légumes ont une haute densité nutritionnelle (apport en minéraux, vitamines et micro constituants) et une faible densité énergétique. Une alimentation optimale pour la santé doit avoir la densité nutritionnelle la plus élevée possible en regard d'une densité énergétique faible tout en couvrant à la fois les besoins énergétiques et les besoins qualitatifs. Cet objectif peut être atteint en majorant la part des fruits et légumes et des glucides complexes, peu raffinés (riches en fibres) (61, 62).

1.7. La qualité biologique d'une protéine :

La qualité d'une protéine dépend de sa composition en AA. Définie autrefois par rapport à la croissance animale, elle l'est à présent en déterminant la proportion d'AA utilisables sans augmentation des pertes azotées (63, 64).

2. La composition et la valeur nutritive des aliments :

La composition détaillée des différents groupes alimentaires présentés ci-dessous est mentionnée en ANNEXE I.

2.1. Les viandes-les poissons- les œufs :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Protéines,
- Minéraux : fer (viande, jaune d'œuf), iode (poisson),
- Vitamines : groupe B ; A (foie et jaune d'œuf),
- Pas de calcium et pratiquement pas de vitamine C,
- Apports potentiels en lipides,
- Apport en cholestérol (65, 66).

2.2. Les produits laitiers :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Protéines,
- Calcium,

- Vitamines : B2 – A et D dans les produits non écrémés,
- Pas de fer ni de vitamine C,
- Apports potentiels en lipides,
- Apport de cholestérol (67).

2.3.La matière grasse :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Acides gras essentiels (acide linoléique (C18 : 2 n-6), acide α -linoléique (C18 : 3 n-3),
- Vitamines liposolubles – D – A (rétinol) – E (alpha tocophérol),
- Source d'énergie importante (9 kcal/g),
- Aucun élément minéral (68).

2.4.Les légumes et les fruits :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Fibres,
- Minéraux,
- Vitamines : C, bêta-carotène, vitamines du groupe B,
- Glucides,
- Pas de lipides et apport de protéines négligeable.

2.5.Les céréales et dérivés –légumineuses :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Glucides (amidon),
- Protéines végétales,
- Vitamines du groupe B,
- Pas de lipides,
- Fibres,
- Minéraux (69, 70).

2.6.Les sucres et produits sucrés :

Les apports nutritionnels caractérisant les aliments de ce groupe sont :

- Glucides essentiellement (saccharose, glucose ou fructose),
- Aucun autre élément nutritif sauf dans le chocolat.
- **Le sucre :**

Sucre de canne ou de betterave ne sont pas différents sur le plan de leur composition. De même cassonade et sucre roux ne présentent pas de caractéristiques nutritionnelles particulières. Tous ces sucres sont composés de 100 % de saccharose rapidement assimilé par

l'organisme. Il s'agit d'une source d'énergie rapidement utilisable, intéressante en cas d'efforts physiques importants.

- **Le miel :**

Le miel est constitué pour 3 à 6 % de saccharose, 35 % de glucose et 35 % de fructose. Les vitamines et minéraux sont présents à l'état de traces (71).

- **Le chocolat :**

Il est obtenu par le mélange de sucre et de pâte de cacao. La pâte de cacao représente, sauf pour le chocolat au lait, au moins 35 % du produit final dont 18 % de beurre de cacao. Le chocolat apporte en moyenne 50 à 65 % de saccharose, 20 à 30 % de lipides (beurre de cacao essentiellement), 6 % de protéines, des minéraux (phosphore, calcium, magnésium et un peu de fer) et un peu de vitamines (72).

2.7. Les boissons :

La composition de l'eau est extrêmement variable. La législation impose pour les eaux potables un taux maximum de minéraux de 2 g/l. Les minéraux qui peuvent être présents dans l'eau sont nombreux : calcium, magnésium, fer, sodium, potassium, fluor (73, 74).

3. Les apports et les recommandations pour le sportif :

3.1. Les recommandations en matière d'énergie :

Le corps humain utilise de l'énergie en continu, même si les quantités sont variables. L'énergie utilisée est réapprovisionnée de manière discontinue grâce à l'alimentation. L'énergie provenant de l'alimentation est transformée par une série de processus métaboliques en différentes formes d'énergie : chimique, thermique, mécanique, etc. La première loi de la thermodynamique stipule que l'énergie ne peut être détruite ni créée de novo ; d'autre part, l'énergie peut passer d'une forme à une autre.

C'est ainsi que l'énergie chimique des aliments peut, par exemple, être convertie par le corps via un certain nombre d'étapes intermédiaires en énergie mécanique lors des contractions musculaires.

Sur base de cette conformité aux lois de la science, le flux énergétique à travers le corps humain peut être présenté comme suit :

$$\text{Apport énergétique (AE)} - \text{dépense énergétique (DE)} = \Delta (\text{réserve énergétique}) (\Delta E)$$

Chez les personnes se trouvant en moyenne dans un état d'équilibre énergétique, ΔE est égal à zéro. En d'autres termes, l'énergie utilisée est remplacée de manière adéquate et stable par de l'énergie nouvellement apportée par l'alimentation. Lorsque l'équilibre énergétique est perturbé, ΔE sera positif ou négatif ; la réserve énergétique et donc le poids corporel vont respectivement augmenter ou diminuer.

La dépense d'énergie se répartit en outre entre différentes composantes :

- A. Le métabolisme basal ;
- B. L'effet thermique de l'alimentation ;
- C. L'énergie nécessaire pour l'activité physique.

▪ **Le métabolisme basal** : (en anglais *Basal Metabolic Rate* – BMR)

Fait référence à la dépense d'énergie nécessaire pour maintenir les fonctions de base minimales du corps chez un individu éveillé. Il est mesuré en état de repos physique et mental complet, dans un état de post absorption et dans un environnement de neutralité thermique (75).

Le BMR diminue en fonction de l'âge. Ce processus se déroule relativement rapidement durant l'enfance et se stabilise pour diminuer ensuite légèrement et graduellement à partir de l'âge adulte. Chez des individus de même âge, le BMR est principalement déterminé par la masse et la composition corporelles (principalement la masse maigre). Il existe également d'importantes différences de BMR entre les hommes et les femmes qui s'expliquent presque entièrement par la différence de composition corporelle (**Tableau 05**) (76).

Tableau 05 : Équations prédictives du BMR à partir du poids P (77).

Homme		Femme	
Âge (ans)	BMR (kcal/jour)	Âge (ans)	BMR (kcal/jour)
0 – 2	60 P – 31	0 – 2	58 P – 31
3 – 9	23 P + 504	3 – 9	20 P + 485
10 – 17	18 P + 657	10 – 17	13 P + 693
18 – 29	15,3 P + 679	18 – 29	14.7 P + 496
30 – 59	11,6 P + 879	30 – 59	8.7 P + 829
60 – 74	11,9 P + 700	60 – 74	9.2 P + 688
> 75	8,4 P + 820	> 75	9.8 P + 624

Les équations prédictives du métabolisme basal figurant au tableau ne concernent que les sujets de poids normal, alors que leur utilisation chez les sujets en surpoids, et surtout chez ceux atteints d'obésité franche (l'IMC égal ou supérieur à 30 kg/m²) donnerait une surestimation de la dépense énergétique basale réelle. Ceci s'explique par le fait que l'obésité est due pour l'essentiel à une accumulation excessive de masse grasse qui est moins active métaboliquement que la masse maigre. Or, la dépense énergétique basale est déterminée surtout par l'importance de la masse maigre (78, 79).

▪ **L'effet thermique de l'alimentation** :

L'ingestion, la digestion, l'absorption et l'assimilation d'aliments et de nutriments nécessitent également l'utilisation d'une certaine quantité d'énergie. En fonction de la

quantité et du type d'aliments, une quantité variable d'énergie thermique est libérée. On parle dans ce contexte d'effet thermique de l'alimentation ou de thermogénèse postprandiale. La réponse thermogénique à l'ingestion d'aliments est relativement constante et représente en moyenne environ 10 % de la dépense énergétique totale (80).

▪ **Énergie nécessaire pour l'activité physique :**

L'énergie utilisée dans le cadre d'une activité physique présente une très grande variation d'un individu à l'autre et souvent aussi d'un jour à l'autre pour un même individu.

Chez les personnes sédentaires, la dépense énergétique liée à une activité physique n'atteint qu'environ un tiers du métabolisme basal, tandis que chez les individus très actifs elle peut atteindre jusqu'au double de l'énergie utilisée pour le métabolisme basal et même plus.

L'intensité de l'activité physique peut, au niveau individuel, être approximativement estimée par la valeur PAL (Physical Activity Level) (81).

Cette valeur donne le rapport entre la dépense énergétique totale et les besoins énergétiques pour le métabolisme basal :

$$\text{PAL} = \text{TEE} / \text{BMR}$$

TEE représente la Total Energy Expenditure et fait référence à une moyenne dans le temps. Chaque tâche, profession ou occupation spécifique est caractérisée par un IET (indice énergétique intégré) qui exprime le rapport entre le coût énergétique de cette tâche et le BMR. Cette valeur tient compte des pauses durant l'activité et intègre la dépense énergétique des différentes activités qui composent cette tâche.

Le PAL d'un jour est donc la moyenne pondérée des IET.

▪ **Calcul de la dépense énergétique pour un individu :**

Comme mentionné précédemment, les besoins totaux en énergie peuvent être proposés comme étant un multiple du BMR. En utilisant le PAL comme facteur de proportion, les besoins énergétiques peuvent être exprimés comme suit :

$$\text{EN (energy need)} = \text{PAL} \times \text{BMR (en kcal/jour)}$$

Des études indiquent de manière très cohérente que l'IMC présente une relation inverse avec le PAL et que le risque de surpoids devient très faible chez des individus ayant une valeur PAL de 1,80 ou supérieure. Cependant, les personnes sédentaires – principalement si elles vivent en région urbaine – ont une valeur PAL moyenne variant généralement entre 1,55 et 1,60.

Sur base de cette considération, l'OMS a proposé une valeur PAL idéale de 1,75 comme recommandation pour tous les adultes afin d'éviter le surpoids.

Le calcul des besoins énergétiques n'est pas chose simple et peut s'effectuer de différentes manières. L'approche dite factorielle est utilisée dans le texte et les tableaux ci-dessous. Cette approche repose sur un inventaire du temps consacré à différents types d'activités sur une période de 24 heures. Les coûts énergétiques associés à ces activités sont ensuite additionnés pour la période étudiée (81).

Il y a lieu néanmoins de garder une certaine réserve à l'égard de cette méthode, notamment parce qu'il existe une grande variabilité interindividuelle en coûts énergétiques pour un même type d'activité.

Tableau 06 : Le ratio d'activité physique de différentes taches journalières (82).

Exemple d'activité	PAR	Temps consacré	PAR x temps consacré
Sommeil	1.0		
Travail assis	1.5		
Maison/travail (voiture)	1.2		
Cuisiner	2.5		
Travaux ménagers	3.5		
TV	1.0		
Chatter/téléphoner	1.0		
Visite d'amis	1.5		
Coures	3.0		
Sport de force	6.0		
Activité sociale	2.0		
			Total PAL par 24 H = PAR x temps consacré /24

3.2. Les recommandations en matière de protéine :

Elles sont couramment évaluées par l'étude des variations de la balance azotée. Des études anciennes ont assez tôt suggéré que l'entraînement en force nécessitait des apports azotés très supérieurs au minimum d'apport recommandé pour l'adulte sédentaire selon les normes américaines (0,8 g/kg/j). Des études plus récentes et mieux contrôlées ont permis de déterminer avec plus de précisions les apports de sécurité pour les sportifs entraînés dans les sports de force. La ration protéique nécessaire pour équilibrer la balance azotée peut être estimée à 1,6-1,8 g/kg/j chez les culturistes entraînés (83). Des recommandations assez similaires peuvent être faites pour des sujets sédentaires, mis à l'entraînement en force (84).

3.3. Les recommandations en matière de lipides :

Dans l'équilibre de la ration alimentaire, l'apport lipidique est un facteur déterminant. Les lipides sont des composés très énergétiques (1 g de lipides alimentaires apporte 38 kJ ou 9 kcal).

Malgré des dépenses énergétiques augmentées chez le sportif, aucun argument ne permet de penser qu'il est nécessaire d'augmenter les apports lipidiques dans la ration du sportif, que ce soit à l'entraînement ou en compétition. Pour la population générale, les apports nutritionnels conseillés sont de 30 à 35 % de l'apport énergétique total (AET). Chez le sportif, il est conseillé que les lipides couvrent 25 à 30 % de l'AET, ce qui permet de favoriser les apports en glucides, lesquels peuvent représenter 55 à 65 % de l'AET voire plus (85).

Concernant l'aspect qualitatif de l'apport en acides gras, les recommandations actuelles pour la population générale s'appliquent au sujet sportif. Il est préconisé de répartir la ration lipidique de la façon suivante : 25 % d'AGS, 60 % d'AGMI et 15 % d'AGPI. Un apport en acide linoléique (famille $\omega 6$) de 4 % de l'AET, soit 8 à 10 g/j est nécessaire pour prévenir toute manifestation de carence. Concernant l'acide α -linoléique (famille $\omega 3$), l'apport conseillé est de 0,8 % de l'AET, soit de 1,6 à 2 g/j. Pour des raisons de compétition entre les deux familles pour la synthèse des AGPI-LC (acide gras poly insaturé longue chaîne), il est conseillé un rapport 18 : 2 ω -6/18 : 3 ω -3 égal à 5 du fait de la limitation souhaitable de l'apport en acide linoléique et de l'intérêt du maintien d'un apport suffisant en acide α -linoléique (85).

3.4. Les recommandations en matière des glucides et fibres alimentaires :

Suivant les recommandations nutritionnelles de la plupart des pays européens et celles des États-Unis, l'apport global en glucides devrait couvrir au moins 55 % de l'apport énergétique total (86).

L'apport total en fibres alimentaires devrait, chez l'adulte, être égal ou supérieur à 30 g par jour pour être associé à une amélioration des fonctions intestinales et pour réduire le risque de pathologies cardiovasculaires (87), d'obésité, de certains cancers, de même que d'infections et de pathologies inflammatoires (88-90).

3.5. Les recommandations en matière d'apport hydrique, minéraux et oligoéléments et vitamines :

Pour maintenir leur équilibre hydrique, les adultes ont besoin, dans des conditions normales, d'un apport d'eau de 2,5 litres par jour, (y compris l'eau provenant des aliments). La déshydratation réduit non seulement les performances sportives, mais expose également les athlètes à des problèmes de santé. La surveillance de l'hydratation joue un rôle important dans l'optimisation des performances pendant l'entraînement et la compétition (91). Les apports recommandés en minéraux, oligoéléments et vitamines sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 07).

Tableau 07 : Les apports journaliers recommandés en minéraux et oligoéléments (92, 93).

Élément	Homme	Femme	Vitamines	Homme	Femme
Calcium	900 mg	900mg	Vitamine A	600 µg	500 µg
Phosphore	800 mg	800 mg	Vitamine D	10-15 µg	10-15 µg
Magnésium	420 mg	360 mg	Vitamine E	15 mg	15 mg
Sodium	600 – 2000 mg	600 – 2000 mg	Vitamine K	50 -70 µg	50 – 70 µg
Chlore	800 – 3000 mg	800 – 3000 mg	Vitamine C	100 mg	110 mg
Potassium	3000 – 4000 mg	3000 – 4000 mg	Vitamine B1	1.5 mg	1.1 mg
Fer	9.1 mg	19.6 mg	Vitamine B2	1.5 mg	1.2 mg
Zinc	11 mg	8 mg	Vitamine B6	2.0 mg	1.8 mg
Cuivre	1.7 mg	1.2 mg	Vitamine B12	1.4 µ g	1.4 µg
Sélénium	70 µg	60 µg	Niacine	16 mg	14 mg
Iode	200 µg	200 µg	Acide folique	200 µg	200 µ g
Manganèse	5.5 mg	5.0 mg	Acide pantothénique	5-12 mg	5-12 mg
Molybdène	45 mg	45 mg	Biotine	30-70 µg	30-70 G
Chrome	35 µg	25 µg			

4. Les régimes alimentaires suivis par les sportifs :

4.1. Définition du régime alimentaire :

Un régime alimentaire se définit par le nombre total de calories, par la part respective des glucides, lipides et protides dans la production des calories, par la variété et la composition des aliments à l'intérieur de chaque groupe, par le nombre des calories initiales et des calories définitives et éventuellement par les carences en vitamines ou en sels minéraux (94).

4.2. Les différents types des régimes alimentaires :

▪ Régime hypercalorique (calories in – calories out >0) :

Consiste à augmenter de manière importante le nombre de calories absorbées au quotidien, telle que : les apports caloriques alimentaires - les dépenses énergétiques > 0 (Kcals/jour).

▪ Régime hypocalorique (calories in – calories out <0) :

La restriction calorique est un type de régime amaigrissant consistant à réduire les apports caloriques habituellement ingérés, tout en se nourrissant de manière suffisante au niveau qualitatif, de sorte qu'il se passe une sous-nutrition sans attendre le stade de la malnutrition (77). Le but de ce régime est d'induire une perte de poids rapide tout en préservant le plus possible la masse maigre (95).

▪ Régime riche en protéines (HPD) :

Un dénominateur commun entre les régimes hyperprotéinés (HPD) est qu'ils ont des définitions diverses et subjectives. Les régimes riches en protéines ont été définis plus généralement comme des apports atteignant ou dépassant 25 % de l'énergie totale (96,97). Les régimes riches en protéines ont également été identifiés comme allant de 1,2 à 1,6 g/kg (98). Lemon et al. ont montré que les protéines consommées à un double de la RDA (1,6 g/kg) surpassaient de manière répétée la RDA (0,8 g/kg) pour préserver la masse musculaire et réduire la masse grasse (99,100).

▪ Régime cétogène (KD):

Le KD est objectivement défini par sa capacité à élever de manière mesurable les corps cétoniques en circulation - un état appelé cétose -, également appelé cétose physiologique ou nutritionnelle. Outre le jeûne total, cette condition est obtenue en limitant les glucides à un maximum d'environ 50 g ou 10 % de l'énergie totale, tout en maintenant les protéines à un niveau modéré (1,2 à 1,5 g / kg / j) avec la prédominance restante de l'apport énergétique provenant des lipides (~ 60 - 80 % ou plus, en fonction du degré de déplacement des protéines et des glucides) (101, 102).

L'effet du KD sur les performances sportives est un domaine d'intérêt croissant. Étant donné que la capacité d'entraînement est susceptible d'affecter la composition corporelle, l'effet du KD sur les performances physiques mérite d'être examiné. La restriction des glucides associée à un apport élevé en graisses pour devenir adapté (ou adaptable à la kéta) est une tactique qui vise à améliorer les performances en augmentant la dépendance du corps en graisses comme carburant, réduisant ainsi la consommation de glycogène, ce qui pourrait améliorer les performances sportives. Cependant, contrairement aux avantages proposés de l'adaptation de la graisse sur la performance, Havemann et al. ont constaté qu'un régime riche en graisses de 7 jours (68 %) suivi d'un régime de 1 % de CHO (90 %) devrait augmenter l'oxydation des graisses, mais diminuer la puissance de sprint de 1 km chez des cyclistes bien entraînés (103).

▪ Régime faible en gras (LFD) :

Le principe de la réduction des graisses alimentaires pour la perte de poids consiste à cibler le macronutriment le plus dense en énergie pour imposer des conditions hypocaloriques (104). Réduire la proportion de graisse alimentaire de façon modeste (25-30 %) mais constante permet de réduire le poids corporel, les graisses corporelles et le tour de taille (105).

▪ Régime à index glycémique bas :

C'est un régime basé sur la consommation des aliments à index glycémique bas. Des études scientifiques ont montré que ce type de régime peut aider à perdre du poids, améliorer le taux du cholestérol, réduire le risque des maladies cardiaques et de diabète type 2 (106-109).

Chapitre III : Les compléments alimentaires utilisés par les sportifs

1. Introduction :

Une activité physique régulière accroît les besoins en macro et micronutriments. L'accélération des phénomènes physiologiques, le stress oxydatif ainsi que l'augmentation des pertes urinaires et sudorales en sont à l'origine. Les athlètes seraient donc en droit de penser qu'un complément alimentaire améliorerait leurs performances. Dans le cadre de la musculation, il s'agit principalement d'améliorer la force, d'augmenter la masse musculaire, et de diminuer la masse grasse (110), grâce à des gélules, ampoules ou en poudre accessibles à tout un chacun en pharmacie, en grande surface ou sur Internet (111).

2. Historique des compléments alimentaires :

L'histoire des compléments alimentaires (CA) commence dans les années 1970 par un précurseur de la « juste dose » qui est basé sur le soulagement des personnes par un apport optimal de substances naturellement présentes dans la nature. L'émergence des compléments alimentaires se fit donc surtout à partir de cette période et de par leur libre accès, plus particulièrement aux Etats-Unis. Le marché des CA en France prend naissance dans les années 1980 quand une grande marque s'implante en pharmacie, avec tout d'abord des mono-plantés en gélules (avec une AMM) puis des versions multi-plantés sans AMM.

En 1987, on retrouve les premiers CA hors pharmacie surtout au sein des boutiques de régime. En 1991, avec le déremboursement des vitamines et des minéraux, le marché commence à se développer réellement, mais pour les petits distributeurs, la grande difficulté à l'époque était le flou règlementaire qui gravitait autour des CA. D'ailleurs, la plupart des laboratoires ont connu des procès pour « tentative d'exercice illégal de la pharmacie ».

Le premier décret français sur les CA a donc vu le jour le 15 avril 1996, les reconnaissant comme des « *produits destinés à être ingérés en complément de l'alimentation courante afin de pallier l'insuffisance réelle ou supposée des apports journaliers* ». Ce texte concernait donc les vitamines et les minéraux mais gardait les plantes à l'écart.

Le 10 juin 2002, une directive européenne (2002/46/CE) voit le jour avec une définition plus large, prenant en compte les plantes et autres substances à buts physiologiques. Cette directive européenne ne fut transposée en droit français que le 20 mars 2006 par un premier décret d'application (2006-352) avec une procédure de demande d'autorisation de mise sur le marché pour chaque complément. Les dossiers devaient être déposés à la DGCCRF.

Bien que les compléments alimentaires soient très récents, leur entrée sur le marché est fortement liée aux troubles de santé qui ont sévi au cours des années passées, comme le scorbut entraîné par une carence en vitamine C, le rachitisme, les déformations osseuses, etc. En effet, les compléments alimentaires ont d'abord été développés dans le but de prévenir

différents problèmes de santé. Aujourd'hui, l'utilisation de ces suppléments s'étend à la recherche du bien-être, de la beauté, de la forme, du tonus et au retardement du vieillissement. On en compte des milliers sur le marché (112).

3. Intérêts de l'usage des compléments alimentaires par les sportifs :

L'équilibre alimentaire est un concept qui a trait à tous, sportifs et non sportifs. Seulement, dans le cadre d'une activité physique, la nécessité pour le corps de produire de l'énergie et de récupérer entre les séances rend l'alimentation encore plus importante. Tout comme pour les produits alimentaires, les sportifs plébiscitent souvent les compléments alimentaires afin de :

- Comblent les déficits alimentaires : les suppléments alimentaires sont utiles premièrement pour compléter l'alimentation lorsque celle-ci est imparfaite. Il est difficile, par le seul biais des aliments que les sportifs consomment, de satisfaire l'ensemble de ses besoins, notamment les apports en protéines, lipides polyinsaturés, vitamines et minéraux, omégas 3 etc. Ainsi, en plus d'une bonne alimentation riche, équilibrée et surtout adaptée aux besoins, les suppléments vont venir parfaire le tout. Le premier objectif est donc de combler les manques.
- Améliorer les performances sportives : en second lieu, les compléments ont pour but de rendre plus performant lors des efforts sportifs. Lors d'une course, d'un match ou d'une compétition, il s'agit d'être le meilleur possible sur un laps de temps très précis. Les compléments alimentaires vont agir à la fois avant, pendant et après l'effort en récupération afin de permettre toujours d'exploiter au mieux les capacités de sportif lorsque le moment le réclame.
- Répondre aux maux induits par la pratique sportive : tous les sports nécessitant de dégager la force et de la puissance et dont l'entraînement fatigue les muscles et détruit les fibres vont nécessiter une récupération optimale au niveau musculaire afin de pouvoir performer à nouveau et de rendre les muscles toujours plus forts et plus puissants.
- Lutter contre la fatigue : la fatigue, souvent ressentie par le sportif, mais ce 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 ».
- Favoriser le développement musculaire et la perte de la masse grasse.
- Favoriser la récupération : Il s'agit de compléments qui seront utilisés au quotidien en vue d'améliorer la capacité du corps à récupérer après des séances sportives intensives (113).

4. Définitions des compléments alimentaires :

4.1. Définition globale :

Un complément alimentaire, comme son nom l'indique, sert à compléter un régime alimentaire normal. Son but est d'aider notre organisme à garder la santé, voire à l'améliorer. Il est destiné aux personnes souhaitant compléter leur apport en certains nutriments du fait d'un mode de vie particulier ou bien il peut être utilisé pour corriger des déficiences nutritionnelles ou maintenir un apport approprié de certains nutriments (114).

4.2. Définition légale :

Dans la loi algérienne, selon le décret exécutif n° 12-214 du 23 Joumada Ethania 1433 correspondant au 15 mai 2012, on trouve la définition suivante : « *Compléments alimentaires en vitamines et sels minéraux : sont des sources concentrées de ces éléments nutritifs, seuls ou en combinaison, commercialisées sous forme de gélules, comprimés, poudre ou solution. Ils ne sont pas ingérés sous la forme de produits alimentaires habituels mais sont ingérés en petite quantité et dont l'objectif est de suppléer la carence du régime alimentaire habituel en vitamines et/ou sels minéraux.* » (115).

En France, la définition a été transposée de la directive européenne 2002/46/CE en droit français par le décret 2006-352 publié au Journal officiel de la République Française, le 20 mars 2006, comme suit :

« *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* » (116).

4.3. Différence avec le médicament :

La définition du complément alimentaire, décrit bien que le complément alimentaire reste dans le cadre de l'aliment, mais elle ajoute à la liste des produits autorisés « toute substance ayant un effet nutritionnel ou physiologique ». Donc le complément alimentaire est une denrée alimentaire mais on s'éloigne fortement de la définition classique donnée aux aliments à savoir « une denrée alimentaire comestible, nourrissante, appétente et coutumière. », on s'éloigne d'autant plus que ces produits sont présentés sous formes « pharmaceutiques » ce qui les rapproche insidieusement des médicaments.

Le terme le plus intrigant de la définition est que ce produit fait appel à une action « nutritionnelle » ou « physiologique » que l'on trouve dans la définition du médicament. En effet, la nouvelle définition du médicament par présentation est la suivante : « On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés

curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique» (117).

Les définitions d'un complément alimentaire et d'un médicament permettent d'identifier les différences :

- Dans la définition d'un complément alimentaire, on peut lire : « ...les denrées alimentaires, dont le but est de compléter le régime alimentaire normal, constituent une source concentrée de nutriments et autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés ... ». Cette définition indique pour le complément alimentaire un effet physiologique.
- Dans celle d'un médicament : « toute substance ou composition pouvant être administrée à l'homme en vue de restaurer, corriger ou modifier les fonctions physiologiques chez l'homme. ». Le médicament exerce un effet pharmacologique.

Donc on peut distinguer entre un produit qui entretient des fonctions physiologiques normales par un effet nutritionnel dit effet physiologique, et un produit qui corrige des perturbations (dysfonctions) physiologiques, donc des pathologies. Il s'agit d'un effet pharmacologique ou thérapeutique. C'est le médicament (118).

D'autre part, pour être autorisés à la vente, les médicaments passent par tout un tas d'étapes incluant un certain nombre d'études qui prouveront non seulement qu'ils sont efficaces, mais en plus qu'ils ne seront pas néfastes à la santé. Après ça, ils pourront obtenir une autorisation de mise sur le marché (AMM) par les autorités sanitaires, qui permettra aux pharmaciens de les vendre (119).

La plupart des compléments n'ont pas fait l'objet d'études valables et concluantes. Contrairement aux molécules des médicaments, celles des compléments alimentaires existent depuis trop longtemps pour être brevetées. Or, un brevet va permettre à un laboratoire de commercialiser en exclusivité une molécule assez longtemps pour rembourser le coût des études qu'il a mené en amont. Pas de brevet, donc pas d'études.

La commercialisation des compléments alimentaires ne nécessite pas d'autorisation individuelle de mise sur le marché fondée sur l'évaluation d'un dossier industriel par une instance d'expertise. L'industriel est responsable de la conformité des mises sur le marché avec les normes en vigueur, de la sécurité et de la non-tromperie du consommateur.

Enfin, même prescrits par un médecin, les compléments alimentaires ne sont jamais pris en charge par l'Assurance maladie (120).

Le tableau 08 résume les principales différences entre le complément alimentaire et le médicament.

Tableau 08 : La distinction entre un complément alimentaire et un médicament (121).

	Médicament	Complément alimentaire
Objectifs	Soigner ou prévenir une maladie, une pathologie	Entrainer le bien-être
Cibles	Personnes malades ou susceptibles de l'être	Personnes en bonne santé, souhaitant le rester
Délivrance	Prescription médicale	Vente libre
Propriétés	Thérapeutiques	Nutritionnelles ou physiologiques
Conditions de mise sur le marché et autorités concernées	<ul style="list-style-type: none"> - Autorisation de mise sur le marché (AMM). - Demande d'enregistrement par la direction de la pharmacie (Sous-direction enregistrement-MSPRH « Ministère de la santé de la population et de la réforme hospitalière »). 	<ul style="list-style-type: none"> - Déclaration auprès de la DGCCRF (Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes) : première mise sur le marché, transmission de l'étiquetage. - Le silence de la DGCCRF dans un délai de deux mois à compter de la réception du dossier vaut autorisation de mise sur le marché.
Autorité compétente	<ul style="list-style-type: none"> - MSPRH. - Direction de Pharmacie et de médicament. - Laboratoire National de Contrôle des Produits Pharmaceutiques (LNCPP). - Commission nationale de nomenclature. - La décision d'enregistrement constitue un document officiel émis par le ministre de la santé, destiné à autoriser la commercialisation ou la distribution gratuite d'un médicament après évaluation de sa sécurité, son efficacité et de sa qualité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ministère du Commerce algérien. - DGCCRF : gestion la mise sur le marché. - ANSES (Agence nationale de sécurité des aliments): rend des avis sur l'innocuité des substances entrant dans la composition des CA, gestion de la nutrivigilance.

On peut conclure que le médicament est soumis à un régime juridique spécial et sa mise sur le marché dépend de conditions strictes, dans le but de protéger la santé publique. Si un industriel veut fabriquer un CA, il doit veiller à ce qu'il ne soit pas pris pour un médicament de par sa présentation ou sa fonction. Le médicament fait partie du monopole du pharmacien contrairement au CA (122).

5. La composition des compléments alimentaires :

Les ingrédients composant les compléments alimentaires sont strictement règlementés. Les substances pouvant se retrouver dans un complément alimentaire sont distinguées en quatre catégories (**Figure 04**), d'après le décret 2006-352 (Journal Officiel Français : JORF n°72 du 25 mars 2006, page 4543 texte n°14, Décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires) :

5.1. Les nutriments et les substances à but nutritionnel ou physiologique :

A. Les nutriments :

Les substances suivantes :

- Vitamines ;
- Minéraux ;

B. Les substances à but nutritionnel ou physiologique :

L'article 2 du décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires donne comme définition pour les substances à but nutritionnel ou physiologique : « *Des substances chimiquement définies, possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exception des vitamines et minéraux et des substances possédant des propriétés exclusivement pharmacologiques* ».

Exemple : bêtaïne, caféine, carnitine, citrulline, créatine, glucosamine, taurine... etc (**123**).

5.2. Les plantes et préparations de plantes :

« *Les ingrédients composés de végétaux ou isolés à partir de ceux-ci, à l'exception des substances mentionnées en A et B, possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exclusion des plantes ou des préparations de plantes possédant des propriétés pharmacologiques et destinées à un usage exclusivement thérapeutique* ».

Exemple : poudres, extraits végétaux, huiles essentielles ...etc (**124**).

L'arrêté du 24 juin 2014 du journal officiel français (JORF n°0163 du 17 juillet 2014 page 11922 texte n° 26, Arrêté du 24 juin 2014 établissant la liste des plantes, autres que les champignons, autorisées dans les compléments alimentaires et les conditions de leur emploi) fixe la liste des plantes pouvant être utilisées dans les compléments alimentaires. Notons que le texte fixe également les conditions d'emploi de ces plantes à savoir :

- Les parties de plantes utilisées,
- Les teneurs en métabolites,
- Les substances à surveiller,
- Les avertissements et précautions d'emploi à destination des populations à risque (**125**).

5.3. Les substances utilisées en alimentation humaine :

« Les ingrédients traditionnels dont l'utilisation en alimentation humaine est traditionnelle et les ingrédients nouveaux, qui relèvent de la procédure « Novel Food » et reconnus comme tels après évaluation de l'EFSA (Agence européenne de sécurité des aliments) ».

Exemple : pollen, propolis, cartilage de requin, coquille d'huître, crête de coq ou substances issues de la biotechnologie (126).

5.4. Les additifs, les arômes et auxiliaire technologiques :

Dont l'emploi est autorisé en alimentation humaine.

A. Définition des additifs alimentaires :

Additif alimentaire s'entend de toute substance qui n'est pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire en soi et n'est pas normalement utilisée comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire, qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à la denrée alimentaire dans un but technologique ou organoleptique, à une quelconque étape de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou du stockage de ladite denrée, entraîne ou peut entraîner (directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ses dérivés dans la denrée ou peut affecter d'une autre façon les caractéristiques de ladite denrée. L'expression ne s'applique ni aux contaminants, ni aux substances ajoutées aux denrées alimentaires dans le but d'en maintenir ou améliorer les propriétés nutritives, ou au chlorure de sodium (127).

B. Définition des arômes :

Du point de vue légal (décret du 11 avril 1991) « on entend par arôme tout produit ou substance qui, étant destiné à être ajouté à des denrées alimentaires pour leur donner une odeur, un goût ou une odeur et un goût, entre dans l'une des catégories mentionnées ci-dessous :

- Substances aromatisantes naturelles ;
- Substances aromatisantes identiques aux substances aromatisantes naturelles ;
- Substances aromatisantes artificielles ;
- Arômes de transformation ;
- Arôme de fumée. »

C. Définition des auxiliaires technologiques :

Auxiliaire technologique s'entend d'une substance ou matière à l'exclusion de tout appareil ou instrument, qui n'est pas consommé comme ingrédient alimentaire en soi, qui est intentionnellement utilisée dans la transformation des matières premières, des denrées alimentaires ou de leurs ingrédients, pour répondre à un certain objectif technologique pendant le traitement ou la transformation et pouvant avoir pour résultat la présence non intentionnelle mais inévitable de résidus ou de denrées dans le produit fini (127).

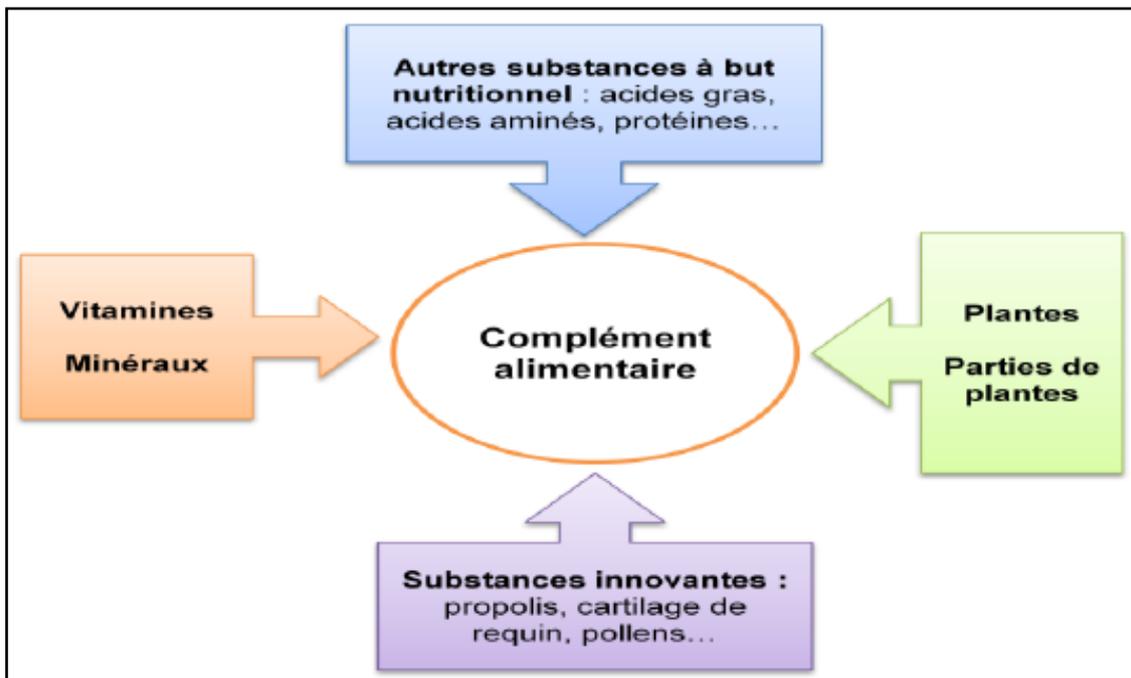


Figure 04 : Les ingrédients entrant dans la composition des compléments alimentaires (128).

6. La classification des compléments alimentaires :

Il existe des centaines de composants pour les compléments alimentaires, certaines grandes familles ressortent classiquement :

6.1. Les compléments alimentaires à base des protéines du lait :

Le lait est une suspension colloïdale complexe composée de globules de gras et de protéines dans une solution aqueuse de lactose, de minéraux et d'autres éléments mineurs.

Il existe deux principales classes de protéines dans le lait : les caséines (80 %) et les protéines sériques (20 %). Elles se distinguent, entre autres, par leur solubilité à pH 4,6 à 20°C. Dans ces conditions, les caséines précipitent tandis que les protéines sériques, ou protéines du lactosérum, demeurent solubles. Elles se distinguent aussi par leur solubilité dans l'eau, leur sensibilité à la chaleur et aux agents coagulants enzymatiques (**Tableau 09**).

Tableau 09 : Comparaison entre les caséines et les protéines sériques. (127, 129)

	Caséine	Protéines du lactosérum
Solubilité dans l'eau	-	+
Stabilité à la chaleur	+	-
Formation d'un gel	-	+

Les protéines du lactosérum sont dites rapides car rapidement libérées par l'estomac, puis hydrolysées dans le duodénum. À l'inverse, les caséines sont dites lentes car elles précipitent dans l'estomac, sont libérées lentement dans le grêle et leurs acides aminés sont absorbés plus lentement et de manière prolongée sur plusieurs heures (130, 131).

6.1.1. La whey (protéines du lactosérum) :

Le lactosérum est un sous-produit de la fabrication fromagère. Il est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide) (132). La composition des deux types de lactosérum est présentée dans le **tableau 10**.

Tableau 10 : La composition moyenne d'un lactosérum doux et un lactosérum acide (133).

Les composants	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Eau (%)	93.5	94
pH	6.7	4.6
Lactose	76	74
Protéines	13.5	12
Acide lactique	<1.8	>1.8
Calcium	0.6	2
Phosphore	0.6	2.5

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines (**Tableau 11**) de lait environ 20 % (6 g/l) et riche en éléments nutritifs (134).

Tableau 11 : Les protéines du lactosérum (135).

Protéines	La teneur en %	La teneur en g/l
Béta macroglobuline	40	2.7
Alpha lactalbumine	17.72	1.2
Lactoferrine	1.47	0.1
Sérum albumine	3.7	0.25
Lactoperoxydase	1.03	0.07
Immunoglobuline	9.6	0.65

Ils ont une haute valeur nutritionnelle, le taux d'acides aminés indispensables est de 57 % environ pour l'Alpha-lactalbumine, et la béta-lactoglobuline dont 28 % sont des acides aminés à chaîne ramifiée.

▪ Procédés de fabrication :

Le premier type de séparation consiste à éliminer son principal constituant : l'eau. 15 à 20 Kg d'eau accompagnent 1 Kg de matière sèche de lactosérum cette séparation est réalisée par :

a) Osmose inverse : Les installations d'osmose inverse permettent d'atteindre en lactosérum un extrait sec de 20 %. C'est-à-dire que si l'on part d'un lactosérum à 5 % de matière sèche, il pourra être concentré quatre fois par osmose inverse. Dans ce cas, 79 % de l'eau aura été éliminée par osmose inverse.

b) Évaporation sous vide : Actuellement, la plupart des évaporateurs sous vide mis sur le marché de l'industrie laitière sont à re-compression mécanique des vapeurs (136). La concentration du sérum doux se fait sans problème. Par contre en ce qui concerne le lactosérum acide, il est indispensable de le désacidifier préalablement par électrodialyse sinon il y a risque de floculation des protéines (137).

La seconde séparation importante est l'extraction du lactose par cristallisation. Ce sucre du lait constitue 75 % de la matière sèche du lactosérum. Il existe sous forme amorphe, qui est très hygroscopique et qui risque de donner une poudre collante, et donc d'entraîner des phénomènes de collage dans la tour de séchage. Pour faciliter la cristallisation, on doit ensemencher le lactosérum concentré par 0,5 à 1 % de lactose en poudre. Chaque grain de poudre va servir d'amorce à la cristallisation : la taille des cristaux sera très fine et la vitesse de cristallisation accélérée.

En troisième lieu la séparation des minéraux par électrodialyse, elle allie deux procédés :

a) Électrodialyse : la propriété qu'ont les minéraux en solution de s'ioniser et sous l'action d'un courant électrique continu, de s'orienter vers l'un ou l'autre pôle.

b) La dialyse polarisée des sels minéraux : Entre les deux pôles sont empilées des membranes de dialyse alternativement anionique et cationique.

Les membranes anioniques vont laisser passer les anions et repousser les cations. Les membranes cationiques vont faire l'inverse c'est à dire laisser passer les cations et repousser les anions. Quantitativement, l'extraction des protéines vient au troisième rang. Elle ne représente que 1/10 ème de la matière sèche (0,8 à 0,7 % de lactosérum tel quel). Bien que ces protéines soient d'une très haute valeur biologique et nutritionnelle.

- **Extraction des protéines du lactosérum :**

La séparation des protéines, malgré leur proportion réduite, a été réalisée de quatre manières :

a) Thermo-coagulation :

C'est une méthode basée sur la précipitation des protéines du sérum par chauffage en milieu acide. Toutefois il faut signaler que si le rendement de récupération maximum se situe vers pH de 5,0-5,5, la précipitation à des pH plus bas ou plus hauts permet de préparer des protéines plus solubles ou plus facilement dispersibles (138).

b) La chromatographie d'échange d'ion :

Est utilisée pour la production industrielle de concentré (90 % et plus) (138).

c) L'ultrafiltration : est un procédé de séparation par membrane semi-perméable. Pour la récupération des concentrés protéiques de lactosérum par ultrafiltration, ils ont remarqué que ces concentrés ont toutes les propriétés désirées (139, 140).

- **Forme des protéines du lactosérum :**

a) Isolats protéiques de lactosérum (WPI, whey proteinisolate) : obtenus par chromatographie sur résines échangeuses d'ions. Ils ont une teneur en protéines d'environ 90 % (141).

b) Concentrés protéiques de lactosérum (WPC, whey proteinconcentrate) : obtenus par élimination (précipitation, filtration ou dialyse) des constituants non protéiques du lactosérum de manière à obtenir une poudre contenant au minimum 25 % de protéines. Généralement les WPC contiennent entre 30 % et 80 % de protéines (141).

- **La qualité des protéines de lactosérum :**

La qualité des whey protéines qui se trouvent sur le marché est très variable et elle est conditionnée par plusieurs facteurs :

- La qualité du lait utilisé comme matière première : les bonnes conditions d'élevage assurent l'absence des produits toxiques (métaux lourds, antibiotiques, hormones) ou des organismes pathogènes,
- Origine du lactosérum (issu de lait natif ou de résidus de l'industrie fromagère) : le traitement thermique lors de la fabrication du fromage dénature les protéines du lactosérum,
- Procédé de fabrication qui a un grand impact sur le taux des protéines dans le produit fini.

Une étude publiée par la presse française « magazine 60 millions consommateurs » faite sur les 12 marques les plus consommées en France classent ces marques par ordre de qualité basé sur trois critères : le degré de dénaturation, la teneur en caséine qui est considérée comme impureté, la teneur en protéine (142).

▪ **Intérêts pour les sportifs :**

La plupart des études, mais pas toutes, ont montré qu'une supplémentation en lactosérum, seul ou avec des hydrates de carbone, immédiatement après et éventuellement avant et pendant l'exercice de résistance peut améliorer la réponse de l'hypertrophie musculaire à l'entraînement chez l'adulte en bonne santé. Certaines études suggèrent également que le lactosérum peut améliorer la récupération après un exercice intense et éventuellement réduire les dommages musculaires et les douleurs (143).

6.1.2. La caséine :

Les caséines, insolubles à pH 4,6 et à 20°C, sont présentes dans le lait sous forme de micelles de caséine (Figure 05). Leur capacité de précipiter à pH 4,6 ou en présence de présure est à la base de leur contribution à la structure du caillé pour la fabrication fromagère. Les micelles de caséines sont également stables à la chaleur.

Les caséines sont constituées de différentes fractions (α_1 , α_2 , β et κ), dans les proportions respectives de 38 %, 10 %, 35 % et 12 %. Les micelles de caséine peuvent être décrites comme une association stérique de colloïdes de diamètre variant entre 100 et 300 nm. Les protéines représentent 95 % de la matière sèche des micelles de caséine.

Les micelles sont composées de sous-unités comprenant de 10 à 100 sous-micelles. Ces dernières sont reliées entre elles par des ponts phosphate de calcium. En plus des protéines et des minéraux, les micelles contiennent des quantités considérables d'eau, à savoir entre 3,0 et 3,5 gramme d'eau par gramme de matière sèche. À noter que la fraction colloïdale du lait est en équilibre dynamique avec la fraction soluble par le biais des équilibres salins, notamment le phosphate de calcium (144).

Les caséines ont des taux en acides aminés indispensables à peu près identiques entre elles, aux alentours de 37 %.

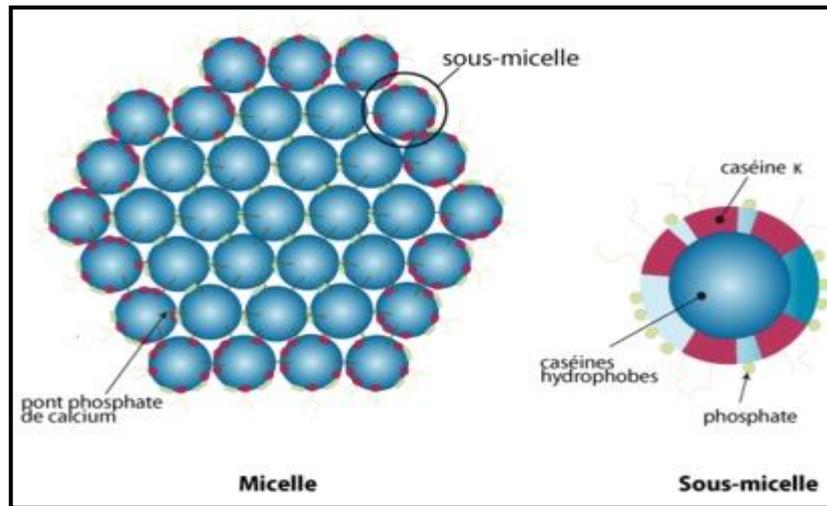


Figure 05 : Les micelles de la caséine (145).

▪ **Procédés de fabrication :**

Deux types de caséines sont à distinguer de par leur procédé de fabrication : la caséine acide obtenue par coagulation avec de l'acide chlorhydrique et la caséine présure obtenue par coagulation avec de la présure. L'obtention de la caséine acide consiste à amener le pH du lait écrémé pasteurisé au point isoélectrique de la caséine pour l'insolubiliser. Pour la caséine présure, la technique dérive de la fabrication du fromage à pâte cuite. Elle consiste à emprésurer le lait écrémé à l'aide de 20 ml de présure à 35°C pour 100 litres de lait. Après coagulation et durcissement, le coagulum est découpé et chauffé à 60°C pendant 30 minutes (146).

La consommation de protéines contribue au développement et au maintien de la masse musculaire. L'effet de la supplémentation en protéines de lait associée à un entraînement intense a récemment été étudié dans le cadre de plusieurs essais randomisés contrôlés. Une méta-analyse de ces études conclut qu'une supplémentation en protéines de lait associée à un entraînement intense a un effet positif sur la masse sèche (147).

6.2. Les compléments alimentaires à base d'acides aminés :

6.2.1. Les acides aminés :

Ce sont des constituants de base des peptides et des protéines, ils présentent trois intérêts principaux :

- Ce sont les briques de construction des protéines,
- Ils sont les précurseurs des médiateurs chimiques (locaux, neurotransmetteurs, hormones),
- Ils participent au métabolisme.

Selon que notre organisme possède des voies métaboliques de synthèse ou non, on peut classer les AA en deux groupes :

- Les acides aminés essentiels : (histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine),
- Les acides aminés non essentiels : (arginine, cystéine, tyrosine, asparagine, acide aspartique, glutamine, acide glutamique, glycine, proline, sérine).

Les AA de l'organisme sont issus soit du recyclage des protéines endogènes (tourne over protéique) soit de la dégradation des protéines exogènes issue d'alimentation.

Les protéines ingérées sont digérées grâce à la pepsine gastrique et la trypsine pancréatique. Transformées en peptides de quelques AA, elles sont ensuite dégradées en AA et en dipeptides par des protéases pancréatiques et intestinales.

Les AA sont ensuite absorbés au niveau de l'intestin via des transporteurs spécifiques pour certains AA (aromatique, aliphatique, basique ...), les dipeptides et les tripeptides sont absorbés par un autre transporteur actif et spécifique.

L'organisme ne possède pas de réserves endogènes propres en acides aminés, autres que les protéines structurales et fonctionnelles.

Les acides aminés peuvent jouer plusieurs rôles dans l'organisme :

- **Rôle structurel et fonctionnel :**

Les AA sont les substrats de toute synthèse protéique endogène. Les protéines jouent plusieurs rôles dans l'organisme : la croissance, la fonction et l'entretien des tissus, des organes et du système de défense immunitaire. Une protéine peut jouer le rôle d'une enzyme, d'un transporteur, d'un récepteur, d'une hormone, d'un médiateur chimique...etc.

Les AA sont les précurseurs de nombreuses molécules qui ont une grande importance dans le fonctionnement de l'organisme (l'histamine, les catécholamines, la sérotonine, la mélatonine, l'éthanolamine, l'acétylcholine, la créatine, la taurine, le GABA, le glycofolle, l'urée, les hormones thyroïdiennes, ... etc).

- **Rôle énergétique :**

En cas de nécessité les AA peuvent fournir de l'énergie, ils apportent 4 Kcal/g, on peut les classer en trois groupes :

- Le premier groupe : Il comporte les acides aminés permettant la synthèse du pyruvate. Si l'organisme est en manque d'énergie, ce dernier sera transformé en acétyl-CoA, puis oxydé par le cycle de Krebs. Si l'organisme est à jeun, le pyruvate va « remonter » la glycolyse par la voie de la néoglucogenèse. On y regroupe (la sérine, l'alanine, la cystéine, la glycine, la thréonine).
- Le second groupe (les AA glucoformateurs) : On y place les acides aminés qui fournissent des intermédiaires du cycle de Krebs. Ces acides aminés interviennent donc également

dans la synthèse du glucose. On y regroupe (le glutamate, la glutamine, l'aspartate, l'asparagine, l'arginine, l'histidine, méthionine, isoleucine, la valine, la phénylalanine et la tyrosine).

- Le troisième groupe (les AA cétoformateurs) : Il comporte les acides aminés formant des corps cétoniques (leucine, isoleucine, lysine, tryptophane, phénylalanine) (148).

6.2.2. Les BCAA (les acides aminés à chaîne ramifiée) :

Il s'agit de la leucine, l'isoleucine et la valine dont les structures chimiques sont illustrées dans la **figure 06**.

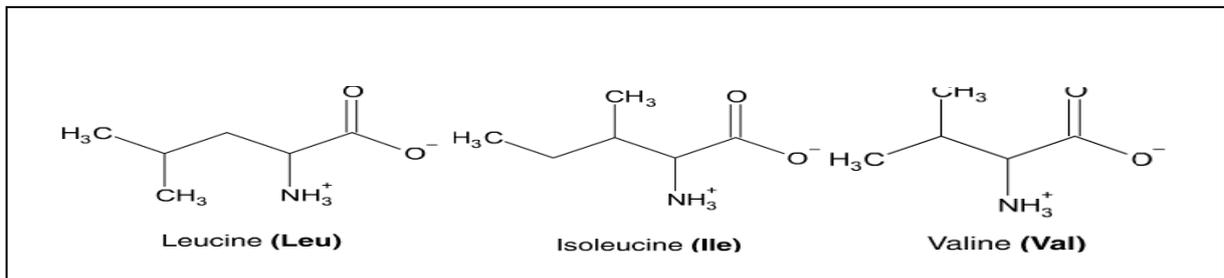


Figure 06 : Structures chimiques de la leucine, l'isoleucine et la valine (149).

Ces trois acides aminés subissent l'action des transaminases, ce qui forme des α -céto-acides. Ces derniers vont être pris en charge par une déshydrogénase commune aux trois acides aminés avec formation d'acétyl-CoA. Ces acétyl-CoA vont ensuite être oxydés par une β -oxydation semblable à celle des acides gras.

Dans le cadre des sports de force et de leurs effets sur la masse musculaire, c'est surtout la leucine qui a été l'objet de recherches poussées. Les AAB et la leucine en particulier semblent affecter le métabolisme protéique de l'organisme au repos, en augmentant les synthèses et en réduisant les dégradations des protéines structurales. La prise orale de BCAA paraît favoriser les synthèses protéiques musculaires pendant la phase de récupération d'un exercice dynamique réalisé en endurance (150). Plus récemment, on a pu montrer que chez l'homme, l'administration de leucine augmentait la phosphorylation de facteurs protéiques impliqués dans l'initiation de la traduction des ARN messagers, et jouant donc un rôle dans la stimulation des synthèses des protéines musculaires (151). Ces facteurs, dont la protéine p70S6 kinase, sont activés par phosphorylation, et leur activation est corrélée avec l'augmentation de masse musculaire observée après la mise en œuvre d'un entraînement en force (152, 153).

Les données actuelles suggèrent que la supplémentation en BCAA atténue les dommages musculaires au cours d'exercices d'endurance prolongés chez les hommes non entraînés d'âge universitaire (154).

6.2.3. La glutamine :

La glutamine (**Figure 07**) est un acide aminé non essentiel dont les muscles squelettiques sont les plus grands producteurs (**155, 156**). Elle fait partie des acides aminés dits conditionnellement indispensables, dans la mesure où elle peut être produite en quantité insuffisante par l'organisme selon l'état de santé des individus (états d'agression aiguë dans le cas de la glutamine), nécessitant alors un apport alimentaire. La disponibilité en glutamine est importante pour les synthèses protéiques, comme tous les acides aminés. Un apport par voie orale ne permet pas d'augmenter significativement la quantité de glutamine dans les muscles squelettiques. En effet, 90 % de la glutamine absorbée sont interceptés par l'intestin, le foie et les reins (**134**).

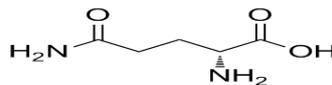


Figure 07 : Structure chimique de la glutamine (**157**).

Des exercices prolongés et des périodes d'entraînement intensif sont associés à une diminution de la concentration plasmatique de glutamine, ce qui pourrait être une cause potentielle de la déficience immunitaire induite par l'exercice et d'une susceptibilité accrue à l'infection chez les athlètes. Bien que la glutamine soit essentielle à la prolifération des lymphocytes, la concentration plasmatique en glutamine ne baisse pas suffisamment après un exercice pour compromettre le taux de prolifération (**158**). Un supplément chronique de glutamine protège contre l'hyperammoniémie induite par l'exercice en fonction de son intensité et de la durée de la supplémentation (**159**).

6.2.4. L'arginine :

L'arginine (**Figure 08**) est un acide α -aminé classé parmi les acides aminés conditionnellement indispensables. Elle est synthétisée, selon un processus très consommateur d'énergie, à partir de la citrulline, elle-même provenant de l'acide glutamique ou de la glutamine. La synthèse endogène d'arginine est principalement intestinale et rénale (tubes proximaux). À côté de son rôle de constituant des protéines, l'arginine permet la synthèse du monoxyde d'azote (NO) par la NO synthase (**160**) ; elle est aussi un précurseur de la créatine (**161**).

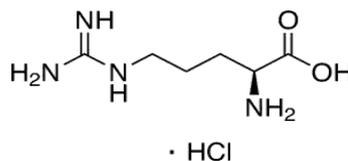


Figure 08 : Structure chimique de l'arginine (**162**).

L'arginine est présente dans de très nombreuses sources alimentaires tant d'origine animale (lait et produits laitiers, viande, poissons et fruits de mer, gélatine) que végétale (légumineuses, noix, graines, blé et céréales en général) (163).

La participation de l'arginine en tant que précurseur de la créatine et son potentiel d'augmentation de l'hormone de croissance endogène en font un complément populaire auprès de ceux qui souhaitent améliorer leurs performances physiques. Le choix de compléter avec de l'arginine est également basé sur une théorie physiologique solide. Cependant, il existe actuellement peu de preuves scientifiques disponibles à l'appui de telles affirmations pour promouvoir et augmenter la capacité fonctionnelle des participants sportifs et en bonne santé (164).

6.2.5. La béta-alanine :

La structure chimique de la β -alanine est présentée dans la **figure 09**.

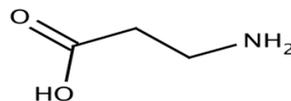


Figure 09 : Structure chimique de la béta-alanine (165).

Le seul effet indésirable connu est l'apparition de paresthésies, observées pour des doses égales ou supérieures à 8 g/j (166). Les paresthésies sont directement corrélées aux taux plasmatiques de β -alanine et semblent dues à un effet direct de la β -alanine sur les récepteurs sensoriels périphériques (167, 168).

Les données disponibles à ce jour permettent de conclure que la supplémentation en β -alanine induit un effet ergogénique important sur les exercices de forte intensité, en particulier lors de tests et de mesures de capacité d'entraînement, lorsque la durée de cet exercice est comprise entre 1 et 4 min (169).

Le mécanisme le plus susceptible de soutenir un bénéfice consiste en une augmentation de l'atténuation du pH intracellulaire résultant d'une augmentation des niveaux de carnosine dans les muscles (169).

6.3. Les compléments alimentaires à base d'acides gras :

6.3.1. Les omégas 3 :

Les acides gras polyinsaturés de la série oméga-3 (**Figure 10**), acide eicosapentaénoïque (EPA) et acide docosahexaénoïque (DHA), sont des acides gras essentiels.

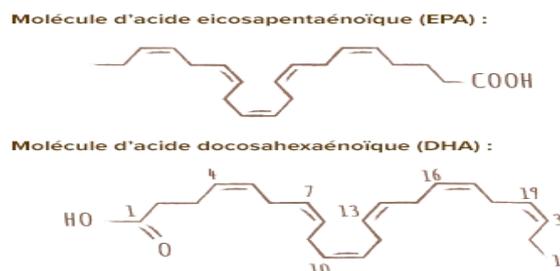


Figure 10 : Structure chimique des acides gras de la série oméga-3 (170).

Les oméga 3 ont un effet sur les lipides sériques, entraînant une baisse du taux des triglycérides et celui des VLDL-c ainsi que sur l'hémostase et la pression artérielle.

Les oméga-3 diminuent la synthèse hépatique des TG car l'EPA et le DHA sont de mauvais substrats pour les enzymes de la synthèse des TG et inhibent l'estérification d'autres acides gras.

L'augmentation de la bêta oxydation des acides gras dans les peroxysomes hépatiques contribue également à la diminution des TG en réduisant la quantité d'acides gras libres disponibles pour leur synthèse.

L'ingestion d'oméga-3 peut être efficace pour atténuer les douleurs musculaires d'apparition retardée induites par un exercice excentrique (171).

La consommation d'oméga-3 pendant un entraînement intensif de lutte peut améliorer la fonction pulmonaire des athlètes pendant et après l'entraînement (172). La supplémentation en huile de poisson pourrait représenter une intervention potentiellement bénéfique pour les athlètes et les personnes asthmatiques souffrant de BEI (broncho construction induite par l'exercice) (173).

Les acides gras oméga-3 ne sont pas efficaces en tant que compléments pour la perte de poids pour la population en bonne santé ou en surpoids (174).

6.3.2. CLA (acides linoléiques conjugués) :

Les CLA (Acides Linoléiques Conjugués) sont des isomères de position et géométriques de l'acide linoléique (Figure 11). Parmi eux, le *c9t11*-CLA et le *t10c12*-CLA, présentent des actions biologiques intéressantes, qui pourraient être exploitées en diététique humaine. Retrouvés relativement en grande quantité dans les productions animales issues de ruminants, et surtout dans les produits laitiers, ces deux isomères sont capables de limiter l'induction et le développement de tumeurs malignes, de stimuler les réponses immunes et de favoriser la croissance et le développement osseux. En outre, en orientant le métabolisme vers l'utilisation périphérique des substrats lipidiques et glucidiques aux dépens des voies de stockage ou de synthèse, en diminuant la cholestérolémie et la production des éicosanoïdes, ces composés pourraient contribuer au traitement et/ou à la prévention de l'obésité, du diabète sucré et de l'athérosclérose. Bien que les effets des CLA aient été démontrés chez les animaux

ou *in vitro*, à l'exception d'un rôle possible dans la prévention du cancer, ces activités biologiques potentielles restent encore très discutées chez l'homme (1175-180).

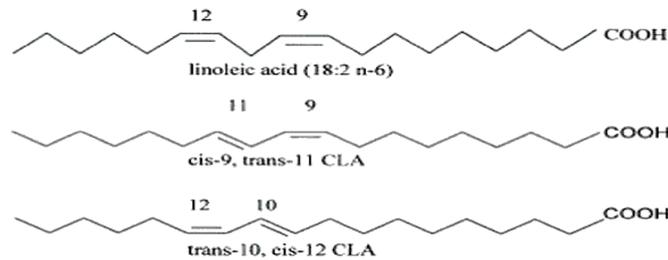


Figure 11 : Structures chimiques des acides linoléiques conjugués (181).

Une réduction de la masse adipeuse corporelle a été observée dans certains essais impliquant une supplémentation en CLA chez l'homme (182, 183). Un traitement intensif au CLA (3,4 ou 6,8 g / j pendant 2 semaines) a été associé positivement à une diminution de la masse grasse corporelle chez les humains en surpoids et obèses (184-192).

6.4. Les compléments alimentaires à base de plantes :

6.4.1. Le ginseng :

Les trois espèces de ginseng les plus connues sont : le ginseng asiatique ou coréen (*Panax ginseng*) ; le ginseng américain (*Panax quinquefolius*) ; le ginseng sibérien (*Eleutherococcus senticosus*) (193, 194).

Les composantes du *Panax ginseng* qu'on tient comme substances actives sont les ginsénosides, appelées aussi panaxosides ou encore saponines, qui sont des glucosides triterpénoïdes (195). Parmi les diverses espèces, on dénombre plus de 30 ginsénosides (196).

Le mécanisme d'action des différents types de ginseng n'est pas connu, mais des études effectuées *in vitro* et chez les animaux autorisent à penser que les ginsénosides peuvent diminuer la glycémie par modification du métabolisme des glucides (197). Ils semblent aussi favoriser l'immunomodulation et agir sur le système nerveux central, l'appareil cardiovasculaire et le système endocrinien (198). Le ginseng aurait également un effet modulateur sur l'axe hypothalamo-hypophysaire-surrénalien par induction de la corticostimuline (199).

Selon les résultats obtenus par Gillis, Tamaoki et Chen, les effets antioxydants et protecteurs du ginseng seraient liés à une élévation du taux d'oxyde nitrique dans l'endothélium des poumons, du cœur, des reins et du corps caverneux (200, 201). L'étude de Tamaoki, réalisée à l'aide de tissus bronchiques humains, indique d'ailleurs que les ginsénosides stimulent la libération d'oxyde nitrique endogène par le tissu bronchique (202). Cet oxyde active la guanylcyclase, entraînant une élévation du taux d'acide guanosinemonophosphorique (GMP) cyclique, qui mène à la bronchodilatation (202).

Les effets indésirables engendrés par l'utilisation du ginseng sont plutôt rares (199). Toutefois, on a attribué un ou plusieurs cas de céphalées, de nausées, de vomissements, d'oppression thoracique et d'artérite cérébrale à la prise de doses élevées de *Panax ginseng* (193).

Le ginseng devrait être utilisé avec prudence par les personnes souffrant de problèmes de santé tels que les troubles cardiovasculaires, l'insomnie, la schizophrénie, le diabète et l'hypertension ou l'hypotension artérielles (203).

La dose quotidienne de *Panax ginseng* recommandée est de 1 g de racine séchée ou de 200 mg d'extrait contenant entre 20 et 30 mg de ginsénosides, en deux prises (194, 205). On recommande d'arrêter de prendre l'agent pendant une ou deux semaines après chaque période d'utilisation de deux à trois semaines (204).

Chez les sportifs, le ginseng est une source riche en vitamines : le groupe B (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 12) ainsi que deux autres antioxydants c'est la vitamine C et E. L'exercice physique répété peut entraîner des dommages musculaires préjudiciables à la pratique sportive. Il est donc essentiel de prévenir ces dommages musculaires en assurant une récupération optimale après l'effort. Le ginseng atténue le stress oxydatif consécutif à l'effort. La prise de ginseng facilite une meilleure résistance aux infections respiratoires en stimulant l'activité lymphocytaire. Des études ont montré que le ginseng augmentait les facultés de concentration, d'attention et de mémorisation. D'autres études sur des athlètes de haut niveau pratiquant des sports d'endurance furent faites en 1993 par VAN SCHEPDAEL et en Suisse par le Dr FORGO. Elles montrèrent que le ginseng améliorait de manière notable la consommation d'oxygène par ces sportifs tout en diminuant la production d'acide lactique dans les muscles soumis à un effort prolongé. D'autres composants du ginseng présentent également des propriétés intéressantes comme les oligoéléments (fer, calcium, aluminium...) qui ont un rôle essentiel dans le métabolisme cellulaire (206).

6.4.2. Le guarana :

Le guarana (*Paullinia cupana var. sorbilis* (Mart.) Ducke) est une plante d'Amazonie qui appartient à la famille des sapindacées. Son fruit rouge est très riche en caféine. Aujourd'hui, dans les pays occidentaux, le guarana est plutôt utilisé en phytothérapie comme complément de régimes amaigrissants. Les propriétés diurétiques et lipolytiques de la caféine qu'il contient sont alors mises en avant. Son effet stimulant permet également de lutter contre l'état de fatigue qui accompagne fréquemment les régimes hypocaloriques. Le guarana permettrait aussi de lutter contre la chaleur car la caféine augmente la sudation (207, 208).

Donc le guarana est un psychostimulant qui lutte contre la fatigue et donne un flash d'énergie dans l'heure qui suit sa consommation. Ceci explique le succès du guarana auprès des sportifs : comme la caféine, le guarana à forte dose est reconnu comme un booster de la performance physique. Un comprimé de 200 mg de guarana apporte environ 80 mg de caféine, soit l'équivalent d'une bonne tasse de café. Le guarana augmente les dépenses d'énergie dans l'organisme, on le propose parfois comme efficace contre le surpoids (209).

6.4.3. La rhodiola :

La rhodiola, de son nom scientifique *Rhodiola rosea*, est une plante vivace issue de famille des *Crassulaceae*. Les effets de la rhodiola sur les performances physiques divisent la communauté scientifique (210). Dans la première moitié des années 2000, des essais cliniques russes et belges avaient conclu qu'elle améliorerait l'adaptation de l'organisme à l'effort, la coordination motrice et l'endurance (211, 212). Ils avaient également indiqué que la rhodiola accélérerait la récupération des muscles après l'effort et que ses propriétés anti-inflammatoires les protégeaient contre les effets d'un exercice intense ou prolongé (213). Pendant cette même période, d'autres chercheurs étaient arrivés à des conclusions totalement opposées, constatant l'absence d'effet produit par la rhodiola seule ou associée au cordyceps, un champignon réputé adaptogène (214, 215).

Depuis, les choses ont peu évolué. En 2007, des chercheurs américains ont confirmé l'inefficacité de la rhodiola, même à des doses élevées de 1500 mg par jour (110). Mais dernièrement, après avoir testé un supplément de rhodiola sur des athlètes, des chercheurs italiens sont arrivés à la conclusion que la plante pourrait augmenter la capacité de l'organisme à s'adapter à l'effort (216).

6.4.4. La spiruline :

La spiruline est une algue qui existe telle quelle depuis plus de 3 milliards d'années. Ainsi nommée en raison de sa forme spiralée, elle appartient à la famille des cyanobactéries ou microalgues bleu-vert. La principale espèce actuellement offerte sur le marché est la *Spirulina platensis*. La spiruline est caractérisée par un très fort taux de protéines pouvant atteindre jusqu'à 70 % du poids sec de l'algue. Sur le plan qualitatif, elle offre un éventail complet d'acides aminés dont 47 % sont des acides aminés essentiels. Les protéines de la spiruline ont une très haute digestibilité de l'ordre de 75 à 83 %, qui s'explique par le fait que l'algue est entourée d'une enveloppe fragile de muréine qui rend le contenu cellulaire beaucoup plus accessible aux enzymes de la digestion par rapport aux parois pecto-cellulosiques classiques.

Dans le cas de la spiruline, les acides nucléiques totaux représentent 4,2 à 6 % du poids sec de l'algue, et ce faible taux exclut tout risque d'excès d'acide urique chez les consommateurs réguliers de spiruline à la dose journalière recommandée à titre de complément alimentaire.

La spiruline est un aliment à faible apport calorique. Les lipides totaux et les glucides représentent respectivement 5,6 à 7 % et 15 à 25 % du poids sec de l'algue (217, 218).

Chez un sujet athlétique, la spiruline est particulièrement riche en protéines : 60 à 70 % de ce super-aliment est composé de protéines, avec une forte proportion d'acides aminés essentiels (47 %). Concernant les glucides, la spiruline a une teneur de 14 à 19 % et pour les lipides, elle renferme un peu moins de 10 % d'acides gras divers. Elle apporte de la chlorophylle, de nombreuses vitamines du groupe B et toutes sortes d'oligoéléments en

quantités très variables selon les modes de production : potassium, calcium, chrome, cuivre, fer, magnésium, manganèse, phosphore, sélénium, sodium, zinc, fluor (219).

6.4.5. Le thé vert :

Le thé vert *Camellia sinensis*, ainsi nommé en raison de sa couleur ou thé vierge, est un arbuste à feuilles persistantes, originaire d'Extrême-Orient. Le thé vert contient des molécules actives notamment la caféine et les catéchines. Ces dernières ont des propriétés antioxydantes et peuvent protéger les cellules face à un stress oxydatif (220).

6.5. Les compléments alimentaires à base des vitamines et des minéraux :

6.5.1. Les vitamines :

Les vitamines ne sont pas synthétisées par notre organisme (à l'exception de la vitamine D), on les retrouve dans notre alimentation. Les industriels les extraient donc à partir d'aliments et les concentrent sous différentes formes pharmaceutiques (comprimés, gélules, solutions buvables...) (221).

▪ Les vitamines liposolubles : A, D, E, K

Les vitamines liposolubles sont solubles dans l'huile. Elles ont pour habitude de se lier aux lipides ingérés et d'être absorbées au même moment que ceux-ci. Elles sont capables d'être présentes dans le corps plusieurs jours voire plusieurs mois puisqu'elles sont stockées dans les graisses (221).

Les principales sources alimentaires et fonctions physiologiques des vitamines liposolubles sont exposées en **ANNEXE II (222)**.

▪ Les vitamines hydrosolubles :

Les vitamines hydrosolubles sont solubles dans l'eau et ne sont pas stockées dans l'organisme (à l'exception de la vitamine B12) ; leurs apports doivent donc être assurés quotidiennement par notre alimentation. Ce sont la vitamine C et les vitamines du groupe B (B1, B2, B3 ou PP, B5, B6, B8, B9 et B12) (223).

Les principales sources alimentaires et fonctions physiologiques des vitamines hydrosolubles sont présentées en **ANNEXE II (224)**.

6.5.2. Les minéraux :

La quantité des minéraux présents dans l'organisme est très variable selon l'élément concerné. Certains sont présents en quantité importante (plusieurs dizaines de grammes) et sont appelés macroéléments. D'autres sont présents en quantité faible (quelques grammes ou moins) et sont appelés oligo-éléments. Parfois, une supplémentation peut être nécessaire. C'est le cas chez les athlètes. Par exemple, le fer joue un rôle critique dans la performance des athlètes, entre autres puisqu'il contribue activement à l'apport en oxygène des muscles. Lorsqu'il est présent en quantité insuffisante, les sportifs peuvent souffrir d'anémie, se sentir

particulièrement fatigués et nettement moins motivés. De plus, leur risque de développer des infections est augmenté (225).

▪ **Les macroéléments :**

On les appelle aussi les éléments majeurs car ils exigent des apports supérieurs à 100 mg par jour. Ils regroupent : le calcium, le magnésium, le potassium, le phosphore et le sodium.

Les sources alimentaires et les principaux rôles des minéraux dans l'organisme sont résumés en ANNEXE II (226).

▪ **Les oligo-éléments :**

Les oligo-éléments appelés aussi " éléments trace ", doivent être apportés chaque jour par l'alimentation. Les quantités nécessaires sont en majorité de l'ordre du microgramme (μg). S'ils sont ingérés en trop grandes quantités, ils peuvent être toxiques mais une carence provoque des troubles à différents niveaux (227).

Les oligoéléments intervenant dans de multiples processus physiologiques, voient leur métabolisme modifié sous l'effet de la pratique sportive. L'entraînement régulier s'accompagne d'une majoration de la perte de zinc, au niveau de l'urine de la sueur ou des selles, de celle en cuivre, consécutive à une déperdition sudorale plus importante (228).

Les sources alimentaires et les rôles des oligo-éléments dans l'organisme sont mentionnés en ANNEXE II (229).

6.6. Les compléments alimentaires à base de substances à but nutritionnel ou physiologique :

6.6.1. La créatine :

La créatine est une molécule endogène ubiquitaire (Figure 12). Elle est synthétisée par le rein, le foie et le pancréas à partir de trois acides aminés : l'arginine, la glycine et la méthionine (230-232).

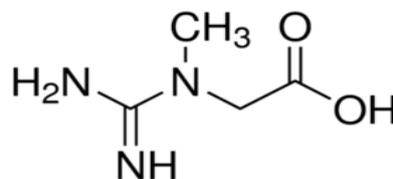


Figure 12 : Structure chimique de la créatine (233).

La créatine est distribuée dans toutes les cellules par l'intermédiaire d'un transporteur spécifique, le SLC6A8 (*solute carrier family*). Ce transporteur, présent au niveau de la barrière hémato-encéphalique, donne à la créatine l'accès au système nerveux central (234, 235). Elle est présente à 95 % environ dans le muscle squelettique, les 5 % restants se

trouvent dans le cerveau, le foie, les testicules et les reins. La créatine est excrétée par voie urinaire (235). Les besoins quotidiens en créatine (environ 2 g/j) sont couverts en partie par la synthèse endogène et en partie par l'apport alimentaire, en particulier par la viande et le poisson (236).

La créatine participe à la production d'énergie en maintenant les taux intracellulaires d'adénosine triphosphate (ATP) dans le muscle squelettique. En effet, lors d'une contraction musculaire, le stock d'ATP est fortement réduit. Il est régénéré par la phosphocréatine après transfert de son groupement phosphate à l'adénosine diphosphate (ADP) par l'intermédiaire de la créatine kinase. Il s'agit d'une voie métabolique importante pour le travail musculaire intense et de très courte durée (209). L'EFSA (2004) estime qu'une dose inférieure à 3 g/j de créatine n'entraîne pas d'effet indésirable (237).

6.6.2. La citrulline :

La citrulline (**Figure 13**) est une substance résultante de la transformation de la glutamine par les enzymes mitochondriales et est spécifiquement produite pas les entérocytes. Elle va être une intermédiaire dans le cycle de l'urée. On peut la trouver dans : le melon, l'oignon, l'ail et les pois chiches. Cette molécule est de plus en plus utilisée par les sportifs, cela s'explique par son rôle de précurseur naturel de l'arginine, un acide aminé qui est connu pour soutenir la croissance musculaire et la récupération après l'effort. Cet acide aminé naturel permettrait de préserver la masse musculaire face au vieillissement cellulaire, ce qui constitue un atout de poids pour les personnes qui pratiquent la musculation. Elle pourrait contribuer à une amélioration des performances physiques. Cet effet bénéfique serait notamment lié à une réduction de la fatigue musculaire et à une meilleure récupération après une activité physique intense (238).

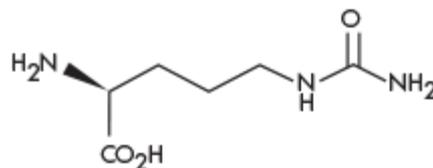


Figure 13 : Structure chimique de la citrulline (239).

6.6.3. La taurine :

La taurine (**Figure 14**) est une molécule synthétisée à partir de la méthionine et de la cystéine en présence de la vitamine B6. Elle est trouvée dans la bile de taureau ce qui explique son nom. Elle peut être donnée aux sportifs après un entraînement afin de pouvoir éviter l'apparition des crampes, aider à la récupération musculaire, améliorer l'absorption des nutriments et l'élimination des déchets, et pour diminuer la fatigue (240).

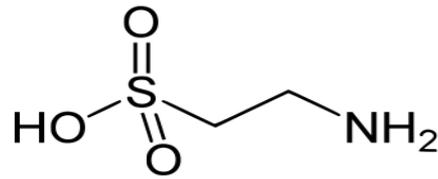


Figure 14 : Structure chimique de la taurine (241).

Elle serait capable d'inactiver des radicaux libres. À côté de son rôle dans les défenses antioxydantes, mais en tant que petite molécule hautement chargée, elle jouerait aussi un rôle dans la régulation de la pression osmotique cellulaire et interviendrait dans la régulation de la concentration cellulaire en calcium. De plus, la taurine est aussi consommée pour conjuguer les acides biliaires. Cet équilibre précaire entre une synthèse endogène faible et une élimination biliaire explique que des besoins nutritionnels minimums aient été définis (242).

6.6.4. La caféine :

La caféine ou 1,3,7-triméthylxanthine (**Figure 15**) appartient à la famille des méthylxanthines. Elle est naturellement présente dans plus de soixante plantes, comme le café, le thé, la noix de kola, le guarana et le maté ; le café et le thé en constituent les principaux vecteurs alimentaires. La caféine peut également être produite par synthèse chimique (243, 244).

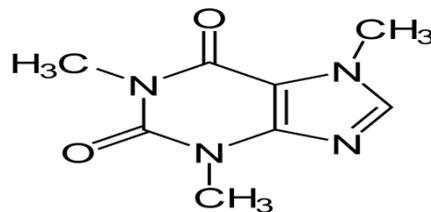


Figure 15 : Structure chimique de la caféine (245).

La caféine a une action diurétique. La consommation de caféine augmente l'excrétion urinaire de calcium, magnésium, potassium, sodium et chlore. L'effet diurétique est diminué chez les consommateurs réguliers de caféine. L'antagonisme de l'adénosine -qui a un effet protecteur rénal- par la caféine a conduit à suspecter une toxicité rénale de cette dernière. Une étude réalisée *in vivo* chez des rats obèses et diabétiques a montré une augmentation de la protéinurie, des résistances intra-rénales et une accélération de la dégradation de la fonction rénale avec l'administration de caféine (243, 244).

La caféine est un inhibiteur compétitif de la phosphodiesterase (PDE) qui va permettre d'agir en augmentant le taux d'adénosine monophosphate cyclique (AMPC) au niveau intracellulaire. C'est ce mécanisme qui va provoquer les effets suivants : stimulant et psychoactif ce qui induit une augmentation de la vigilance, de la concentration, et une baisse de la de somnolence. Elle stimule et accélère le rythme cardiaque, il est démontré par des études que la caféine va permettre d'avoir une action sur le déstockage des matières grasses

en activant la lipolyse dans les adipocytes, inhibant le transport du glucose stimulé par l'insuline dans les adipocytes (246).

6.6.5. La L-carnitine :

La carnitine est une amine quaternaire (Figure 16), le seul isomère qui présente une activité biologique est la L-carnitine (247).

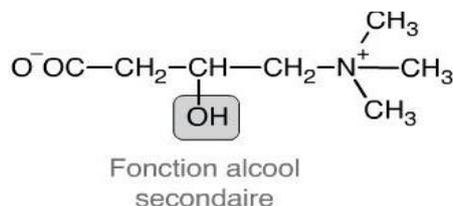


Figure 16 : Structure chimique de la L-carnitine (248).

La carnitine est impliquée dans le transport intracellulaire des produits d'acyl-CoA de chaînes moyennes issus de la β -oxydation partielle peroxysomiale des acides gras à très longues chaînes. Elle intervient comme navette assurant le lien entre le peroxysome et la mitochondrie où s'effectuera le reste de l'oxydation de l'acyl-CoA. La carnitine est donc un acteur fondamental dans la β -oxydation des acides gras à chaînes longues. Elle est par conséquent considérée indirectement comme une molécule indispensable au bon fonctionnement du métabolisme énergétique lipidique de l'organisme, intervenant essentiellement :

- Lors d'un jeûne (au niveau hépatique),
- Lors d'un effort physique prolongé (au niveau du muscle),
- Et comme source d'énergie préférentielle au niveau du cœur et du cerveau (249).

Elle a aussi un rôle détoxifiant en permettant l'élimination hors de la mitochondrie de l'excès en Acétyl-CoA sous forme d'Acétyl-carnitine, la carnitine régule le rapport Acétyl-CoA/CoA libre et permet la conservation du coenzyme-A nécessaire au bon fonctionnement de nombreuses réactions intra-mitochondriales. La carnitine peut capter et éliminer des groupements acyls provenant de xénobiotiques. Les xénobiotiques en cause les plus connus sont des anticonvulsivants dont l'acide valproïque qui est converti en valproyl-CoA puis éliminé dans les urines sous forme de valproyl-carnitine. Un déficit en carnitine augmente donc la potentialité de ces anticonvulsivants et leurs effets indésirables, un de ceux-ci étant la perte accrue de carnitine pour les éliminer. La carnitine est impliquée dans la régulation du glucose sanguin. Les acides gras à longues chaînes qui sont transportés par la carnitine et la CPT I (carnitinepalmitoyltransférase) dans la mitochondrie, stimulent la sécrétion d'insuline par un effet direct sur le pancréas (250).

6.6.6. La bétaine :

La bétaine est un dérivé de la glycine (**Figure 17**), un acide aminé isolé dans le jus de la betterave sucrière. Elle est aussi connue sous le nom de triméthylglycine (TMG). La bétaine est fabriquée dans le foie et les reins à partir de la choline. On en retrouve dans de nombreux aliments : la betterave, le son de blé et les germes de blé. La fonction la mieux reconnue de la bétaine est la reméthylation de l'homocystéine en méthionine ce qui améliore la santé cardiovasculaire en réduisant la formation de plaque artérielle (**251**).

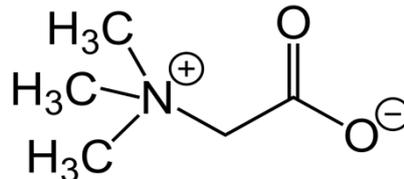


Figure 17 : Structure chimique de la bétaine (**252**).

La bétaine fournit un groupe méthyle au guanidinoacétate via la méthionine pour produire de la créatine. Une étude sur la poliomyélite humaine a montré que l'ingestion d'une association de bétaine et de guanidinoacétate améliorerait le sentiment de bien-être, réduisait la fatigue et augmentait la force et l'endurance générales pendant la récupération. Chaque fois que l'activité motrice ou la puissance résiduelle restait dans un muscle, la guanidinoacétate de bétaine entraînait une augmentation substantielle. Un brevet a été accordé pour cette association, ou la bétaine seule, pour le traitement de tissus musculaires malades et faibles (**253, 254**).

6.6.7. Les glucosamines :

La glucosamine avec deux préparations (le chlorhydrate de glucosamine et le sulfate de glucosamine) est une amine glycosylée (**Figure 18**). Il s'agit d'un constituant normal du cartilage qui agirait en stimulant et en normalisant la biosynthèse des protéoglycanes du cartilage articulaire, en inhibant certaines enzymes qui détruisent le cartilage et en réduisant les radicaux superoxydés qui endommagent les tissus (**255**).

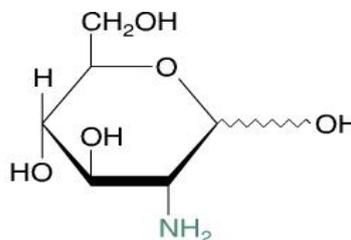


Figure 18 : Structure chimique de la glucosamine (**256**).

Elle diminue les douleurs articulaires et d'ostéoarthritis des personnes âgées en stimulant la formation de cartilage osseux, sans qu'il soit établi que cela soit aussi efficace chez le sportif dont les articulations sont très sollicitées voire traumatisées. Ici l'effet espéré est de

limiter les effets néfastes de certaines pratiques ou situations sportives et non la recherche de performances (257, 258).

6.7. Les compléments alimentaires à base des prébiotiques ou probiotiques :

6.7.1. Probiotiques :

D'après la FAO (Frequently Asked questions) et l'OMS, les probiotiques sont des microorganismes vivants (bactéries ou levures) qui, lorsqu'ils sont consommés en quantité adéquate, produisent un effet bénéfique pour la santé de l'hôte au-delà des effets nutritionnels traditionnels. Ils peuvent être présents ou introduits dans certains aliments (compléments alimentaires) ou encore dans certains médicaments (ex : Lactéol® contenant des Lactobacillus LB). Les probiotiques les plus connus sont les bactéries lactiques (Lactobacillus, Streptococcus et Lactococcus) et les Bifidobactéries, largement utilisés dans les yaourts et autres produits laitiers fermentés (259).

La consommation de probiotiques chez les athlètes pourrait aider à prévenir la baisse transitoire d'activité du système immunitaire après l'exercice, augmenter la sécrétion de certaines cellules du système immunitaire, réduire la gravité et la durée des infections respiratoires et prévenir la diarrhée des athlètes (260, 261).

6.7.2. Prébiotiques :

Les prébiotiques sont des substances alimentaires (des polysaccharides surtout, à l'exclusion de l'amidon et des oligosaccharides non digestibles par les enzymes humaines) qui nourrissent un groupe sélectif de microorganismes vivant dans l'intestin. Ils stimulent la croissance des bactéries à effets positifs aux dépens des autres à effets négatifs. À la différence des probiotiques, la plupart des prébiotiques sont utilisés comme ingrédients alimentaires dans les biscuits, les céréales, le chocolat...etc. Les plus communs sont : l'oligofructose, l'inuline, les galactooligosaccharides, le lactulose, les oligosaccharides du lait maternel (262).

7. Critères de pureté et sécurité des compléments alimentaires :

Chacun des ingrédients est choisi en fonction, entre autres, des critères de pureté et de sécurité. Ces critères concernent la microbiologie, l'absence de contamination par des métaux lourds, des résidus de pesticides, des mycotoxines, des dioxines et des allergènes. L'absence d'OGM (organisme génétiquement modifié) peut être requise.

Il convient de noter également la nature des solvants d'extraction, la présence de résidus de solvants, la nature des supports, le rapport plante/extrait, l'alimentarité du processus de fabrication...etc. Par exemple, l'eau est un ingrédient très sensible microbiologiquement. À ce titre sa fabrication, son entreposage et son transport doivent être fiables. Si de l'eau est nécessaire à la fabrication d'un complément alimentaire, l'équipement de traitement, d'entreposage et de distribution doit assurer une alimentation en eau dont la qualité sera conforme en tout point aux critères chimiques et biologiques définissant une eau destinée à la

consommation humaine. Les ingrédients doivent respecter les critères relatifs aux teneurs maximales : en contaminants et en résidus (263).

Le Codex Alimentarius définit un contaminant comme étant : « *Toute substance qui n'est pas intentionnellement ajoutée à l'aliment, mais qui est cependant présente dans celle-ci comme un résidu de la production, de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport et de la distribution ou du stockage du dit aliment, ou à la suite de la contamination par l'environnement* » (233) et le résidu : « *reliquat de substances utilisées comme pesticides, médicaments vétérinaires ou biocides ou de leurs produits de dégradation et/ou de métabolisation présent dans les aliments* » (264).

La réglementation impose des limites maximales de résidus (LMR) dans les denrées alimentaires pour les substances utilisées. Les LMR sont des concentrations réglementaires établies au niveau européen et définissant la concentration maximale d'une substance dans une denrée alimentaire au-delà de laquelle elle ne peut plus être consommée et par conséquent commercialisée. Ces seuils sont établis en prenant en compte la toxicité de la substance et l'exposition possible du consommateur de denrées, pour garantir le niveau d'exposition le plus sûr pour le consommateur (264).

À cela s'ajoute, la notion "dose journalière admissible" qui est la quantité de substance chimique que peut ingérer un homme ou un animal, par jour, au cours de sa vie, sans aucun risque appréciable pour sa santé. Ces valeurs sont établies pour les additifs alimentaires et les résidus de pesticides dont la présence dans les aliments répond à des besoins techniques ou qui sont nécessaires pour la protection des plantes (OMS) (265).

Dans le cas des compléments alimentaires pour sportif, il conviendrait également de vérifier l'absence de substances interdites pouvant être considérées comme dopantes. La liste des substances dopantes est disponible sur le site de l'Agence Mondiale Antidopage. Elle est mise à jour deux fois par an (263).

8. Aspects réglementaires :

Les compléments alimentaires sont également soumis à la législation générale des aliments avec : des normes en matière de contaminants et de résidus de pesticides à respecter, une liste « positive » d'additifs utilisables, la mise en œuvre obligatoire d'un système de qualité/sécurité basé sur les principes de l'HACCP (analyse des risques et maîtrise des points critiques), le respect du règlement relatif aux allégations de santé, le déclenchement réseau d'alerte en cas de problèmes graves de sécurité, avec des conditions d'emploi harmonisées (266).

8.1. Niveau international :

La réglementation concernant les compléments alimentaires n'est pas harmonisée à l'échelle mondiale, et ce malgré les efforts réalisés par l'association internationale des compléments alimentaires IADSA (International Alliance of Dietary/Food Supplements associations) pour informer les États sur les meilleures pratiques en matière de réglementation des compléments alimentaires. Au Japon, en dépit d'un contrôle du ministère de la Santé, il n'existe pas de réglementation stricte au sujet de la production, importation, distribution et consommation des compléments alimentaires. De même aux États-Unis, depuis 1994, les compléments alimentaires sont reconnus comme des aliments. La production puis la vente ne sont pas soumises à l'obtention d'une autorisation de la Food and Drug Administration. La FDA conserve néanmoins le droit de retirer des produits mis sur le marché en cas de dangerosité avérée. Au niveau européen, la définition des compléments alimentaires de la directive 2002/46 se complète de l'imposition de différentes mesures de prévention. La communauté européenne fixe aussi des critères de pureté, des limites de dosage et l'obligation d'étiqueter la dose journalière recommandée. Toutefois, les dispositions européennes relatives à la composition en nutriments ou substances à but physiologique portent uniquement sur les vitamines et sels minéraux, pour les autres, fautes de d'harmonisation. L'Europe se positionne sur les réglementations nationales (266).

Lors de la session tenue en juillet 2005, la Commission du Codex Alimentarius définit des indications internationales relatives à la composition, au conditionnement et à l'étiquetage des compléments alimentaires à base de vitamines et de sels minéraux, disponibles sur le site du Codex Alimentarius (263). Le Codex Alimentarius, ou "Code des aliments", est un ensemble de normes, directives et codes de pratiques adoptés par la Commission du Codex Alimentarius. La Commission, également connue sous le nom de CAC, est la partie centrale du programme mixte FAO / OMS sur les normes alimentaires. Elle a été créée par la FAO (Food and Agriculture Organization of UN) et l'OMS pour protéger la santé du consommateur et promouvoir des pratiques équitables dans le commerce des produits alimentaires (267).

8.2. Niveau national :

Le marché des compléments alimentaires est en nette progression dans le monde et en Algérie, où il évolue sans aucun contrôle ni réglementation. Classés dans les denrées alimentaires par le ministère du Commerce, les compléments alimentaires méritent, selon les spécialistes, d'être réglementés. Justement, des discussions sont actuellement en cours pour la mise en place d'un cadre réglementaire régissant la commercialisation, la fabrication, l'étiquetage...etc. Il y a des réunions interministérielles regroupant le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, le ministère du Commerce, le ministère de l'Agriculture et le ministère de la Santé de la Population et de la Réforme hospitalière ont été prévus pour entériner le socle réglementaire régissant les compléments alimentaires. Ainsi que les travaux de la journée organisée par le Syndicat des pharmaciens d'officines (SNAPO), ayant pour thème « compléments alimentaires et aspects réglementaires » ; les différents intervenants ont ainsi insisté sur le renforcement des textes

réglementaires et qu'il est très important de fixer des normes pour les ingrédients pouvant être utilisés dans les compléments alimentaires et surtout pour les produits connus toxiques. L'harmonisation des valeurs nutritionnelles, selon les régions du monde, doit être discutée. On ne peut pas imposer la même supplémentation pour un Finlandais et un Méditerranéen (267).

8.3. Innocuité :

Pour parler de sécurité des CA, il faut distinguer 2 groupes :

- Les compléments alimentaires possédant une composition définie par leur structure chimique simple tel que les vitamines, sels minéraux ; et/ou subissant un procédé industriel lourd. Cette catégorie ne pose pas de réel problème de sécurité en soi car son processus de fabrication est validé et subi différents contrôles analytiques bien rodé à l'image des yoghourts dans les pays industrialisés.
- Les compléments alimentaires à base de plantes après une transformation sommaire (dessiccation, pulvérisation...). Le danger est ici plus élevé car beaucoup de facteurs entrent en jeu : la multiplicité des principes actifs, contamination chimique, contamination microbiologique, allergènes, mésusage, fraudes multiples (268).

Comme cités précédemment, certains ingrédients entrant dans la composition des compléments alimentaires peuvent être des sources de contamination d'origine naturelle ou environnementale. Les compléments alimentaires, étant par définition des sources concentrées de nutriments, certains procédés de fabrication, comme l'extraction végétale ou d'huiles de poisson, peuvent entraîner une concentration de ces contaminants. Là encore, contrairement aux idées reçues, les avancées technologiques permettent aujourd'hui d'éliminer ou du moins diminuer les contaminations dans les compléments alimentaires, comme c'est par exemple le cas du traitement au charbon actif des huiles de poisson qui permet d'éliminer les métaux lourds tels que le mercure, ce procédé n'étant bien évidemment pas réalisable dans le poisson prêt à la consommation. De plus, les compléments alimentaires sont, la plupart du temps, consommés sous forme de programme, l'exposition aux contaminants et pesticides liée à la consommation de compléments alimentaires reste donc faible (269).

8.4. Étiquetage :

D'un point de vue réglementaire, les compléments alimentaires étant considérés comme des denrées alimentaires, ils sont soumis à des obligations générales d'étiquetage définies dans la directive européenne 2000/13/CE (qui a été remplacée en décembre 2014 par le Règlement n°1169/2011). Il s'agit de toutes les mentions devant être mentionnées et précisées dans la présentation de ces denrées (270) :

- **Le nom des catégories** de nutriments ou substances caractérisant le produit ou une indication relative à la nature de ces nutriments ou substances,
- **L'état physique** : (effervescent, comprimé, en poudre...),
- **Le traitement** qu'a subi la denrée,

- **La quantité nette** : en unité de volume pour les produits liquides (l, cl, ml) et en unité de masse pour les autres (g, mg). On peut aussi, en complément, mentionner le nombre d'unités,
- **La date de durabilité minimale** ou DLC (date limite de conservation) avec la précision, si nécessaire, des conditions de conservation préconisées.

La dénomination du CA, la quantité nette et la date de durabilité minimale/DLC doivent apparaître dans le même champ visuel.

- **Le lot** : L'indication du lot permet de regrouper un ensemble de denrées selon un système établi par l'industriel, facilitant ainsi l'identification des produits en cas de défaut, de recherche ou de réclamation. Ce numéro doit être envoyé au responsable de la mise sur le marché en cas de réclamation,
- **Les coordonnées** : du fabricant ou du conditionneur ou du vendeur établi,
- **Le nom** commercial, dénomination ou raison sociale de la société,
- **L'adresse** du responsable de la mise sur le marché, du fabricant, du conditionneur ou vendeur. À cela peut s'ajouter l'identification de l'emballer suivi du code EMB ou de l'adresse,
- **Le mode d'emploi** : conditions et conseils d'utilisation et de conservation pour assurer la sécurité du consommateur afin qu'il fasse un usage approprié du complément alimentaire acheté,
- **La liste des ingrédients** avec la portion journalière de produit dont la consommation est recommandée, un avertissement indiquant qu'il est déconseillé de dépasser la dose journalière indiquée, une déclaration visant à éviter que les compléments alimentaires ne soient utilisés comme substituts d'un régime alimentaire varié et équilibré, un avertissement indiquant que les produits doivent être tenus hors de la portée des jeunes enfants (271).

Donc, on peut conclure que l'étiquette répond à trois fonctions principales :

- Fournir des renseignements de base sur la nature du produit,
- Fournir des informations sur les aspects sanitaires et nutritionnels du produit,
- Servir d'outil pour la commercialisation et la promotion (270).

8.5. Commercialisation :

Contrairement aux médicaments, la mise sur le marché des compléments alimentaires ne nécessite pas de procédure d'autorisation ou de procédure déclarative à la préfecture. En France, d'après le décret du 20 mars 2006 (JORF du 25 mars 2006), le producteur doit transmettre à la DGCCRF un modèle d'étiquetage avant la première commercialisation. S'il veut employer des ingrédients nouveaux qui ne sont pas autorisés en France mais qui le sont dans un autre pays de l'Union Européenne, il devra suivre une procédure particulière d'autorisation. Une déclaration accompagnée d'un dossier est envoyée à la DGCCRF qui a deux mois pour donner une réponse. Ce dossier contient, en plus du modèle d'étiquetage déjà

requis pour la mise sur le marché des produits autorisés en France, l'identification du producteur ou de l'importateur, les documents et informations attestant que les substances sont légalement fabriquées ou commercialisées dans un autre État membre et toutes les données en sa possession utiles à l'appréciation des substances utilisées.

Le silence de l'administration vaut une autorisation. Le nouvel ingrédient intègre alors la liste des substances autorisées dans un délai de douze mois. L'AFSSA donne un avis scientifique sur ces nouvelles substances, cet avis peut démontrer que les substances présentent un risque pour la santé. Dans ce cas, l'autorisation de commercialisation ne sera pas donnée (272).

8.6. Distribution :

Le circuit de distribution doit permettre de **garantir la traçabilité jusqu'aux points de vente** grâce à des procédures mises en place par les responsables de la mise sur le marché et leurs intervenants. Il en découle la nécessité de communiquer aux professionnels les précautions à prendre en matière de stockage, de conservation et de présentation des produits.

L'article 18 du règlement CE n°178/2002 impose aux exploitants du secteur alimentaire d'identifier, d'une part, leurs fournisseurs d'ingrédients, d'articles de conditionnement et de manière générale de toute substance destinée à être incorporée ou susceptible d'être incorporée dans une denrée alimentaire et, d'autre part, leurs clients, entreprises auxquelles ils ont fourni leurs produits finis. Une telle exigence de traçabilité permet d'identifier l'ensemble des acteurs intervenant dans une chaîne ayant conduit à la mise sur le marché d'une denrée alimentaire. Il sera donc plus aisé d'identifier, par ce biais, tous les acteurs concernés par une éventuelle opération de retrait ou de rappel d'un produit (273).

9. Aspect technologique :

L'élaboration d'une formule et le choix d'une présentation ou d'un concept nutritionnel reposent, d'une part sur des connaissances techniques et scientifiques, et d'autre part sur les besoins des consommateurs. Chacune des phases de développement prend en compte la sécurité d'utilisation.

La mise au point d'un complément alimentaire doit prendre en compte les aspects suivants :

- Analyse des besoins et des attentes des consommateurs, connaissances des besoins nutritionnels (population générale et groupes particuliers),
- Veille sur les nouveautés du marché (matières premières, produits...),
- Recherches bibliographiques avant la mise au point d'un nouveau produit,
- Évaluation des risques liés aux matières premières (allergies, seuils maximaux...),
- Études de compatibilité entre matières premières utilisées dans un même produit,

- Évaluation de l'environnement réglementaire (274).

9.1. La définition du produit :

Le choix de la présentation et du contenant sont indissociables de la formulation. Ils sont établis de manière à respecter une compatibilité et une stabilité dans le temps. Cette définition peut comprendre les éléments suivants : forme définitive du produit, profil nutritionnel, contraintes réglementaires, profil organoleptique, conditionnement, sécurité d'utilisation (275).

9.2. L'élaboration de la formule du complément alimentaire :

L'attention est portée sur les matières premières (MP) dont le cahier des charges doit comprendre leurs spécifications, c'est-à-dire les caractéristiques nutritionnelles, organoleptiques, physicochimiques, microbiologiques et leurs contrôles qualité. Elles doivent être adaptées à l'objectif nutritionnel souhaité lors de la formulation (276).

9.3. La validation de la conception :

La validation de la conception consiste à s'assurer que le produit résultant est apte à satisfaire aux exigences des éléments d'entrée (MP). Elle comprend la réalisation pratique d'essais de formulation à différentes échelles dont l'importance est graduée en fonction de la taille du lot fabriqué, la nature des contrôles à effectuer, le type d'infrastructure utilisé. La validation de la conception et donc de la formule peut ainsi comprendre les étapes suivantes :

- Réalisation de lots d'essais en conditions de laboratoire destinés à renseigner sur la faisabilité de la formule,
- Mise au point de méthodes de contrôle adéquates, avec vérification de la stabilité du produit pour déterminer la date limite de consommation (DLC), et de son innocuité,
- Établissement des contrôles et des spécifications de routine et vérification de l'adéquation des résultats du lot essai aux exigences des éléments d'entrée (spécifications attendues),
- Réalisation des analyses nutritionnelles,
- Réalisation d'études d'efficacité de la formule en fonction des allégations retenues : études fondamentales (in vitro, in vivo, bibliographies,...), tests consommateurs, études cliniques, pouvant viser à évaluer l'efficacité nutritionnelle, l'innocuité et la tolérance ainsi que l'acceptabilité et la praticité (276).

9.4. La validation de la faisabilité industrielle :

La validation de la faisabilité est effectuée à une échelle industrielle, afin de valider les différents paramètres. Elle porte sur le produit résultant de la conception et vise à s'assurer du respect des exigences figurant dans les éléments d'entrée de la conception. Cette étape est essentielle pour effectuer ou compléter tous les tests sur le produit fini. Il convient de finaliser la mise au point du procédé industriel, la mise en place des contrôles et de qualifier le procédé de fabrication. Le passage en machine des articles de conditionnement fait également partie de cette étape. La réalisation de l'analyse des dangers (HACCP) et la mise en place des

mesures de maîtrise sont également associées à cette étape. Les essais de stabilité devront être confirmés sur le produit résultant de la fabrication industrielle ainsi que la date limite de consommation (DLC) (277).

9.5. Revue de conception :

À l'issue de ces étapes, une revue de conception portant notamment sur les exigences légales et réglementaires doit être effectuée. Elle permet de : s'assurer de la conformité des supports d'information (étiquetage, notice, documentation) et de tout autre élément utilisé lors de la communication, la publicité et la déclaration, vérifier les allégations, en particulier les allégations de santé et les allégations nutritionnelles, constituer les dossiers de justifications à tenir à la disposition des autorités de tutelle comme la DGCCRF.

Il faudra s'assurer en parallèle lors de la revue de conception que les étiquetages et supports d'information du produit mis sur le marché sont également validés par l'organisme certificateur avant de passer en lot de fabrication et que toutes les données nutritionnelles répondent bien aux exigences réglementaires spécifiques aux compléments alimentaires (278).

Si on parle de la qualité d'un complément alimentaire, il faut comprendre la définition d'une politique de qualité et de sécurité reposant sur :

- **Les Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) applicables aux compléments alimentaires** : l'ensemble des recommandations issues de la mise en œuvre du **règlement 852/2004/CE**, relative aux dispositions générales d'hygiène pour tous les exploitants du secteur alimentaire.
- **L'Analyse HACCP** : la méthode HACCP, rendue obligatoire par le **règlement (CE) 852/2004** sur l'hygiène des denrées alimentaires, consiste en une **analyse exhaustive des dangers, de leur gravité et de leur fréquence d'apparition associés à chaque étape de la conception** des produits jusqu'à leur livraison. L'objectif de l'HACCP est d'amener les professionnels à maîtriser efficacement les dangers susceptibles d'affecter la santé du consommateur. L'HACCP aide à mettre en place une gestion et une surveillance efficaces des dangers évalués comme inacceptables en termes d'impact sur la santé du consommateur.
- **Le contrôle qualité** : le contrôle qualité peut être appliqué à la fois aux articles de conditionnement (étiquetage, informations spécifiques...) et aux ingrédients.
- **L'Assurance qualité** : l'assurance qualité comprend des audits et revue de direction, la gestion des produits non conformes, la gestion de la documentation, l'identification produit, la traçabilité amont et aval, la formation et qualification du personnel, la métrologie. La politique de qualité et de sécurité doit intégrer le **respect des réglementations relatives à l'hygiène des denrées alimentaires**. L'hygiène y est définie comme étant : « L'ensemble des mesures et les conditions nécessaires pour maîtriser les

dangers et garantir le caractère propre à la consommation humaine d'une denrée alimentaire compte tenu de l'utilisation prévue » (278).

10. Aspect sanitaire :

Probiotiques, vitamines, minéraux, oligoéléments, extraits des plantes, acides gras, acides aminés... Il existe une multitude de compléments alimentaires sur le marché et les consommateurs de ces produits dits naturels sont de plus en plus nombreux, le secteur est en progression énorme. Pourtant aujourd'hui, il est très difficile pour les professionnels de santé de faire le tri entre les multiples informations, scientifiques ou publicitaires qui les submergent concernant les effets potentiellement bénéfiques ou néfastes des compléments alimentaires (279).

10.1. Risques des compléments alimentaires sur la santé :

Les compléments alimentaires sont des substances actives, comme les aliments ou les médicaments, qui peuvent parfois déclencher des réactions secondaires. Dans certains cas, la consommation de ces produits peut être néfaste pour la santé. Ces effets secondaires peuvent être graves, temporaires, chroniques, réversibles ou irréversibles. En fonction des doses administrées, certaines substances sont même potentiellement mortelles. En effet, la plupart des produits vendus sous le terme « complément alimentaire » ne sont pas toxiques sauf si leur consommation est poussée à l'extrême (280).

Le dispositif français de la nutrivigilance a recueilli quarante-neuf signalements d'effets indésirables susceptibles d'être liés à la consommation de compléments alimentaires destinés aux sportifs, entre sa mise en place en 2009 et le 16 février 2016. Parmi ces signalements, dix-sept étaient suffisamment complets pour en évaluer l'imputabilité, dont huit ont été jugés d'imputabilité vraisemblable. Les effets indésirables rapportés étaient surtout d'ordre cardiovasculaire et moins fréquemment d'ordre psychiatrique, hépatique, néphrologique, neurologique, dermatologique, gastro-entérologique, etc (281).

10.1.1. Toxicité rénale :

Les CA peuvent être néphrotoxiques, en particulier chez les personnes atteintes d'une maladie rénale chronique (MRC) éventuellement ignorée. Notamment, les herbes chinoises à base d'acide aristolochique (extrait naturel de la plante *Aristolochia*), la vitamine C à haute dose, la créatine et les CA hyperprotéinés peuvent entraîner une insuffisance rénale aiguë ou chronique, parfois irréversible. Chez les patients avec MRC établie, la recherche active d'une consommation de CA néphrotoxiques est recommandée. On trouve ici :

- **La créatine :**

Koshy *et al.* (1999) ont rapporté le cas d'un homme de 20 ans, sans antécédent particulier, ayant consommé de la créatine à raison de 20 g/j répartis en quatre prises. Quatre semaines plus tard, le patient a présenté une douleur des flancs, ainsi que des nausées et vomissements évoluant depuis quatre jours. Il n'a pas pris d'autres produits (médicaments ou

autres compléments alimentaires). La créatine a été arrêtée. La biopsie rénale a mis en évidence une néphrite interstitielle. Le patient s'est rétabli dans un délai non précisé (282).

De nombreuses études ne montrent aucune atteinte rénale après la prise de créatine. Toutefois, ces études ont été menées sur de faibles effectifs ou sur de courtes durées, ce qui ne permet pas d'exclure la possibilité d'effets à long terme de la créatine.

L'ingestion de créatine provoque une augmentation de la créatinine sérique puisque la créatine est spontanément et irréversiblement convertie en créatinine. Par conséquent, le diagnostic faussement positif d'une insuffisance rénale peut être posé chez un individu consommant de la créatine lorsque seuls les dosages sanguins sont pris en considération (283).

L'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer que la créatine exerce un effet délétère sur le rein à long terme. Néanmoins, plusieurs cas d'aggravation de pathologies rénales ont été décrits dans la littérature et attribués à la prise de créatine (284).

▪ **Compléments alimentaires hyperprotéinés :**

Chez le sujet sain, la consommation spontanée en protéines varie entre 1 et 1,5 g/kg/jour, ce qui dépasse le besoin minimal suffisant pour maintenir une balance azotée neutre qui est de 0,8 g/kg/jour. À part l'apport protéique spontané souvent élevé, une consommation surajoutée de CA hyperprotéinés est fréquente dans le monde sportif. Les CA hyperprotéinés peuvent représenter entre 15 et 100 grammes de protéines par jour, provoquant un apport quotidien en protéines pouvant atteindre 2, voire 3 g/kg/jour. Une étude prospective a suivi 1624 participants de 30 à 55 ans pendant onze ans, ceux qui consommaient davantage de protéines, soit environ 90 g/jour, ont montré un risque trois fois plus élevé de déclin de la filtration glomérulaire dans le groupe avec insuffisance rénale moyenne, par rapport aux participants dont la fonction rénale était normale au départ. C'est pourquoi, un régime riche en protéines et une consommation de CA hyperprotéinés sont contre indiqués en cas de MRC (285).

▪ **Acide ascorbique :**

Les suppléments d'acide ascorbique, ou vitamine C, sont fréquemment utilisés en raison de leur action antioxydante. Une étude observationnelle suédoise a prouvé que les hommes qui consomment des suppléments de vitamine C (dose quotidienne estimée à 1g) encouraient un risque accru de développer des calculs rénaux par rapport aux non consommateurs. L'examen du sédiment urinaire peut montrer des cristaux d'oxalate de calcium, évocateurs d'une néphropathie liée à l'abus de vitamine C. Cette dernière doit donc être considérée comme un CA potentiellement néphrotoxique, si consommée à hautes doses et de façon prolongée, indépendamment de la présence ou non d'une MRC préexistante (286).

10.1.2. Toxicité hépatique :

Trop de personnes pensent encore que les compléments alimentaires et les produits à base de plantes (phytothérapie) sont tout à fait inoffensifs mais ces derniers peuvent causer des dégâts au foie pouvant mener jusqu'à une insuffisance hépatique, voire parfois au décès de la personne. Ceci vient d'être confirmé par une étude américaine, où le pourcentage de lésions hépatiques causées par ces substances serait passé de 7 à 20 % sur une période de 10 ans (2004-2013) (287, 288).

Les participants présentant une hépatotoxicité attribuée à des suppléments alimentaires ont été recrutés de manière prospective entre 2004 et 2013. L'étude a été menée dans huit centres de référence américains faisant partie du DILIN (*Drug Induced Liver Injury Network*). Les patients consécutifs présentant une lésion hépatique référée à un centre DILIN étaient éligibles. L'échantillon final comprenait 130 (15,5 %) de tous les sujets inscrits (839) qui avaient subi une lésion hépatique. L'hépatotoxicité a été évaluée par un avis d'expert. Les caractéristiques démographiques et cliniques et les résultats, y compris le décès et la transplantation du foie, ont été vérifiés. Les cas ont été stratifiés et comparés en fonction du type d'agent impliqué dans les lésions hépatiques ; 45 personnes ont subi une blessure due aux suppléments de musculation, 85 aux suppléments de non-musculation et 709 à des médicaments. Ainsi, des produits utilisés pour le bodybuilding causent principalement une jaunisse de longue durée. Mais des médicaments utilisés à d'autres fins causent parfois des atteintes au foie bien plus grave, entraînant parfois la nécessité d'une greffe de foie ou ayant même des conséquences mortelles. Ceci principalement chez des femmes d'âge moyen. Les compléments alimentaires et autres produits à base de plantes semblent responsables de 13 % des greffes de foie, tandis que seuls 3 % résultent de l'utilisation de médicaments classiques (289).

On a également signalé un cas de choléstase intrahépatique chez un patient atteint d'hypervitaminose A chronique après 12 ans de consommation de supplément, qui s'est résorbé après la cessation du régime. En plus de la toxicité liée à une consommation excessive de vitamines, une toxicité peut également résulter d'une consommation excessive de minéraux. En particulier, il existe un risque croissant d'hyperchromatose, une maladie du stockage du fer associée à des lésions hépatiques après une consommation excessive de fer ou de suppléments multiminéraux (290).

Les suppléments de poids corporel avec certains effets de perte de poids documentés étaient ceux contenant des extraits de la plante *Ephédra*. Les extraits contiennent les alcaloïdes sympathomimétiques : éphédrine, pseudoéphédrine, méthyléphédrine et noréphédrine. Plus d'une douzaine de lésions hépatiques ont également été rapportées après la prise de préparations à base d'éphédra. Les compléments alimentaires contenant de l'éphédra ont été interdits par la FDA en 2004 (289).

Les suppléments de musculation sont souvent mélangés avec des stéroïdes anabolisants, qui sont des variantes modifiées des androgènes conçus pour augmenter la masse musculaire. Des études menées en 2001 et 2002 sur des suppléments nutritionnels achetés

dans 13 pays, dont les États-Unis, ont indiqué qu'environ 15 % des suppléments nutritionnels contenaient des stéroïdes anabolisants androgènes non déclarés. Les effets indésirables des stéroïdes anabolisants comprennent la cardiomyopathie, la modification des lipides sériques, l'acné, le gonflement des tissus mammaires chez l'homme et l'hépatotoxicité. Plusieurs patients ont développé une choléstase hépatique après l'ingestion d'androgènes anaboliques. Aux États-Unis, le réseau de lésions hépatiques d'origine médicamenteuse (DILIN) a été créé en 2003 pour identifier et caractériser les cas d'hépatotoxicité causés par des compléments alimentaires et des médicaments. Parmi les 847 cas dont il a été confirmé que les lésions hépatiques étaient causées par des médicaments ou des suppléments, 45 (5,3 %) étaient dus à l'utilisation de suppléments de musculation (289).

Un cas d'hépatite a été rapporté chez un adolescent de 17 ans, trois mois après avoir débuté la consommation de trois produits destinés aux sportifs recherchant un développement musculaire (Avelar-Escobar *et al.* 2012). Ces produits contenaient de la créatine, des acides aminés et de la L-carnitine avec des protéines de lactosérum. D'un point de vue étiologique, la cause toxique était la plus probable. Le patient a reçu un traitement (colestyramine, acide ursodésoxycholique), a arrêté la prise des produits et s'est totalement rétabli un mois après. Les auteurs ont conclu à une imputabilité vraisemblable des produits pour sportifs. Néanmoins, la substance à l'origine de l'hépatotoxicité n'a pas pu être identifiée. Un cas similaire a été rapporté chez un homme de 27 ans ayant consommé de la créatine huit à neuf mois avant l'apparition d'un ictère, ainsi que des protéines de lactosérum quatre semaines avant le développement des symptômes (291).

10.1.3. Risques allergiques :

La consommation d'aliments diététiques (notamment les CA) est en augmentation régulière. Parmi les nombreuses raisons de cette consommation accrue, figurent le besoin ressenti de prendre des compléments diététiques, le caractère naturel de certains produits, leur richesse en vitamines, leurs vertus thérapeutiques réelles ou supposées, de nombreuses croyances populaires notamment : « c'est naturel donc c'est bon pour l'organisme ». Cette consommation s'inscrit dans un engouement général pour les « aliments biologiques » nous conduisant à un problème très vaste qui est les allergies alimentaires (292). Les manifestations cliniques associées à l'allergie alimentaire ne sont pas spécifiques, particulièrement celles qui touchent l'appareil digestif. En effet, certains produits ou compléments alimentaires peuvent être à l'origine par intolérance ou par intoxication, qui présentent des manifestations cliniques très proches de celles des allergies vraies (293). Il peut s'agir de réactions immédiates apparaissant au maximum dans les 4 heures qui suivent l'ingestion d'un aliment : œdème (paupières ou plus rare et plus grave atteignant le larynx), urticaire, manifestations digestives (syndrome oral, crampes abdominales, nausées, diarrhée), asthme, rhinite ou rhino-conjonctivite. La manifestation la plus sévère, l'anaphylaxie, met en jeu le pronostic vital. Elle débute par un prurit et une urticaire, s'étend progressivement de multiples organes souvent dominée par un bronchospasme, puis le tableau se complète par une hypotension et un choc en l'absence de traitement. Il peut s'agir également de réactions chroniques : eczéma,

constipation, reflux, gastro-entérite allergique à éosinophiles, syndrome de malabsorption... (294).

La consommation de plus en plus fréquente de denrées issues de l'industrie agroalimentaire expose davantage les consommateurs depuis quelques décennies à des allergènes masqués. Ces allergènes sont présents dans ces compléments alimentaires qui peuvent être incorporés comme ingrédients au sein de produits complexes dans lesquels leur présence n'est pas spontanément reconnue ni même parfois soupçonnée. En effet, ces allergènes masqués sont représentés d'une part par les ingrédients protéiques (blanc d'œuf, poudre de lait, caséine, soja, l'arachide... etc) et d'autre part par des contaminations survenues lors des récoltes, du stockage, des procédés de fabrication et/ou du conditionnement des denrées alimentaires (294).

Les principaux produits allergisants pouvant être incorporés dans les compléments alimentaires sont présentés en **ANNEXE III (295, 296)**.

10.1.4. Risques chez la femme enceinte :

La grossesse est un moment privilégié mais également de vulnérabilité où la femme enceinte doit faire attention à ce qu'elle mange. Une alimentation équilibrée doit apporter tous les nutriments dont la mère et le bébé ont besoin. Néanmoins, les modes de vie, de production et de conservation des aliments ont considérablement changé au cours des dernières décennies et peuvent impacter l'alimentation de la femme enceinte, son bien-être et celui de l'enfant notamment à naître. Donc pour satisfaire ces besoins, les femmes sont orientées vers les compléments alimentaires (297).

Il convient de mettre en garde les femmes contre le fait de consommer des compléments alimentaires sans contrôle médical. Ils sont inutiles et peuvent même comporter un risque s'ils contiennent des nutriments qui s'ajoutent à vos prescriptions (vitamine D en particulier) ou dont la consommation doit être limitée pendant la grossesse (la vitamine A) ou au cours de la grossesse et de l'allaitement (les phyto-estrogènes) (298).

10.2. Les interactions des compléments alimentaires avec les médicaments :

On sait que certains médicaments ne peuvent pas être pris en même temps de par le fait qu'ils puissent interagir entre eux. Certaines interactions peuvent aussi exister entre médicament et complément alimentaire. Certains compléments alimentaires naturels ou synthétiques peuvent diminuer ou augmenter les effets de certains médicaments (299).

Les principales interactions des médicaments avec les compléments alimentaires sont présentées en **ANNEXE IV (300)**.

10.3. Les incompatibilités des traitements avec la pratique sportive :

Pratiquer une activité physique régulière est indispensable dans le maintien d'une bonne hygiène de vie et d'un bon état de santé général. Il n'en demeure pas moins que la prise de

certaines médicaments n'est pas toujours compatible avec la pratique de sport. En effet, la prise de certains traitements pourrait entraîner des douleurs articulaires, musculaires, et autres effets indésirables, combinés à la pratique sportive (301).

Les principaux effets secondaires liés aux médicaments observés chez les sportifs sont cités dans le tableau ci-dessous (Tableau 12).

Tableau 12 : Les effets secondaires des médicaments chez les sportifs (302).

Médicaments	Effets secondaires
Les statines	La rhabdomyolyse : des douleurs musculaires sont parfois observées avec élévation de la créatine phosphokinase (CPK).
Les quinolones	Arthralgies et tendinopathies : Ces effets sont fréquents et ont nécessité l'évaluation du rapport bénéfice/risque de cette classe d'antibiotiques. La survenue est plus fréquente au-delà de 60 ans, chez le sportif et en cas de co-administration de corticoïdes. La gravité est variable mais peut aller jusqu'à une rupture tendineuse. Le délai de survenue est variable mais peut être très bref, de l'ordre de 1 à 2 jours.
Biphosphonate	Douleurs musculo-squeletiques parfois sévères, gonflement des articulations.
Colchicine	Troubles neuromyopathiques exceptionnels.
Chloroquine	Troubles neuromyopathiques.
Isotrétinoïnes	Myalgies, arthralgie.
Benzodiazépine	Faiblesse musculaire.

La partie pratique



Problématique :

Actuellement, de nombreux compléments alimentaires pour sportifs sont proposés sur le marché avec des allégations prometteuses parfois sans preuve scientifique validée de leur efficacité sur les performances, ni de leur innocuité sur des indicateurs pertinents de santé. De plus, la recherche puis l'usage des compléments alimentaires aux effets soit disant « miracles » met le sportif sur la voie des conduites dopantes. L'acquisition des compléments qui devrait se faire en pharmacies et magasins spécialisés, hors circuit sécurisé (particulièrement les sites internet et les salles d'entraînement), peut faire courir un risque pour la santé des sportifs consommateurs en plus du contrôle antidopage positif.

En Algérie, le marché des compléments alimentaires évolue sans aucune réglementation malgré que le recours à ces produits est devenu une partie intégrante des habitudes des sportifs algériens. En effet, l'inexistence d'une liste informant les sportifs sur les compléments alimentaires interdits ; l'absence de contrôle de ces produits avant leur mise sur le marché ; la prolifération des points de vente non sécurisés ; le manque d'information et de sensibilisation et enfin l'absence d'encadrement médical spécialisé figurent parmi les principaux facteurs qui induisent les jeunes en erreur potentialisant ainsi les risques liés à l'usage de ces produits.

À notre connaissance, à Tlemcen, aucun travail scientifique ne s'est intéressé spécifiquement aux compléments alimentaires à usage sportif. Dans cette perspective nous nous sommes proposés de réaliser cette étude dont les objectifs sont détaillés ci-dessous.

Objectifs de l'étude :

1- Objectifs principaux :

Les objectifs principaux de notre étude sont de :

- Décrire les éventuels effets positifs et/ou négatifs de la consommation des compléments alimentaires sur les paramètres biochimiques sanguins d'un groupe de sportifs de la région de Tlemcen ;
- Décrire la composition des compléments alimentaires à usage sportif commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen (Étude du marché).

2- Objectifs secondaires :

Les objectifs secondaires de notre étude consistent à :

- Décrire les caractéristiques sociodémographiques, médicales, sportives et nutritionnelles des sportifs inclus dans l'étude ;
- Dégager un aperçu sur la consommation des compléments alimentaires dans le milieu sportif de la région de Tlemcen (motivations et raisons de consommation, types de produits consommés, lieux d'achats ... etc) ;
- Comparer le profil biochimique des sportifs consommateurs de compléments alimentaires avec celui des sportifs témoins non supplémentés par ces produits ;
- Recenser les anomalies réglementaires du marché des compléments alimentaires à usage sportif de la wilaya de Tlemcen.

But de l'étude :

Le but de notre étude est de :

- Sensibiliser les jeunes sportifs sur les effets positifs et négatifs possibles des compléments alimentaires sur l'état de santé de leurs consommateurs et donc sur la nécessité d'une utilisation rationnelle et prudente de ces produits ;
- Attirer l'attention des professionnels de santé, particulièrement les pharmaciens, sur l'obligation d'approfondir leurs connaissances en matière de nutrition afin de pouvoir conseiller les sportifs à quels produits éventuellement recourir de manière raisonnée ;
- Mettre en évidence l'importance du bilan biologique pour le suivi du sportif consommateurs des compléments alimentaires ;
- Aider le sportif à maintenir un état de santé optimal, à prévenir toute pathologie médicale et à détecter d'éventuelles anomalies présentes avant la pratique sportive ou inhérente à cette pratique ;
- Établir des recommandations.

I. Matériels et méthodes

Partie I : Étude descriptive des effets des compléments alimentaires à usage sportif sur les paramètres biologiques sanguins des sujets consommateurs

I.1- Type, lieu et période de l'étude :

Notre étude est de type observationnel transversal descriptif à visée comparative, elle s'est déroulée au niveau du service de biochimie du centre hospitalo-universitaire Dr. Tidjani Damardji - Tlemcen sur une période de 07 mois de septembre 2018 jusqu'au mois de mars de l'année 2019.

I.2- Population de l'étude :

Notre étude a porté sur 60 sujets athlètes quels que soient leurs niveaux de pratiques ou de performances, ayant été sélectionnés au hasard parmi les sportifs de la wilaya de Tlemcen.

Ils se répartissaient en deux groupes de 30 sujets pour chacun :

- **Le premier groupe :** comprenait des sujets sportifs consommateurs des compléments alimentaires,
- **Le deuxième groupe :** comprenait les sujets témoins, des sportifs non consommateurs des compléments alimentaires et comparables avec les précédents du point de vue âge.

I.2.1- Critères d'inclusion :

A été inclus dans notre étude tout athlète :

- De sexe masculin,
- Âgé de plus de 18 ans,
- Pratiquant la musculation depuis plus de 3 mois,
- Consommant des compléments alimentaires depuis plus de 3 mois (pour le groupe des consommateurs).

I.2.2- Critères de non inclusion :

Nous n'avons pas inclus dans notre étude tout athlète :

- Âgé de moins de 18 ans,
- Pratiquant la musculation occasionnellement sans respect d'un programme,
- Toxicomane,
- Consommant des substances dopantes,

- Souffrant d'une maladie chronique,
- Prenant un traitement particulier.

I.2.3- Critères d'exclusion :

Nous avons exclu de notre étude les sujets perdus de vue qui ont rempli le questionnaire au premier contact mais ils ne sont pas revenus pour le prélèvement sanguin.

I.3- Recueil des données et déroulement de l'étude :

Les athlètes ont été sollicités au niveau des différentes salles de musculation de la willaya de Tlemcen, des cités universitaires mais aussi via les réseaux sociaux. Ainsi, après exclusion de 05 candidats, l'effectif total était de 60 athlètes.

Le recrutement des participants s'est fait au niveau du service de biochimie du CHU-Tlemcen. Le recueil des informations a été réalisé à l'aide d'une fiche de renseignement que nous avons élaboré et rempli. (**Annexe V**)

L'étude a été réalisée comme suit :

Pour chaque sujet sportif, nous avons relevé :

Des données d'ordre sociodémographique :

- Âge,
- Activité professionnelle,
- Niveau d'instruction,
- État civil.

Des données anthropométriques :

- Le poids,
- La taille (en position debout sans chaussures),
- L'IMC : calculé selon la formule $IMC = \text{poids (Kg)} / (\text{taille})^2 (\text{m}^2)$

Des données d'ordre médical :

- Présence d'un problème de santé,
- Prise d'un traitement particulier,
- Habitudes toxiques (tabac),
- Analyse biologique périodique,

- Antécédents familiaux de maladie.

Des données d'ordre sportif et nutritionnel :

- Date du début de la musculation,
- Nombre de séance d'entraînement par semaine,
- La durée de la séance,
- L'intensité des exercices,
- La pratique d'une autre activité sportive en parallèle,
- Le régime protéique hebdomadaire.

Des données relatives à la consommation des compléments alimentaires :

- Les raisons de consommation des compléments alimentaires,
- Les motivations de la consommation des compléments alimentaires,
- Date du début de la consommation,
- Types des produits consommés,
- Respect des doses recommandées,
- Lieu d'achat des compléments alimentaires,
- Critères de qualification de ces produits par les consommateurs.

Des données d'ordre biologique :

Les sportifs participant à l'étude ont bénéficié de plus d'un bilan biologique réalisé au niveau du service de biochimie du C.H.U de Tlemcen.

I.4- Recueil des échantillons et analyse des prélèvements :

I.4.1- Les conditions du prélèvement :

Pour une meilleure standardisation, les prélèvements sanguins ont été effectués chez les sujets sportifs, le matin à jeun (8 à 12 heures de jeun) par ponction veineuse franche au niveau du pli du coude, avec un garrot peu serré, en utilisant des aiguilles à usage unique.

Le sang a été recueilli sur deux tubes soit :

- Un tube à l'EDTA (Éthylène-Diamine-tétra-Acétique) pour le dosage de l'hémoglobine glyquée HbA_{1c},
- Un tube à l'héparine de sodium, pour le dosage des autres paramètres biochimiques.

Pour assurer la traçabilité de nos résultats, les tubes ont été identifiés par le nom et le prénom du sportif ainsi qu'un numéro d'enregistrement.

I.4.2- Phase préanalytique :

- Les prélèvements sanguins ont été centrifugés dans une centrifugeuse de type Human HuMax 14K[®] avec une vitesse de 4000 tours par minute pendant une durée de 5 minutes.
- Les plasmas (= surnageants dans les tubes héparinés) ont été décantés à l'aide d'une micropipette dans des godets réactionnels et placés dans l'automate pour la phase du dosage.
- Le dosage de l'hémoglobine glyquée a été réalisé directement sur sang total.

Les différentes manipulations sont regroupées dans les figures suivantes :



Figure 19 : Phase préanalytique : la centrifugation des prélèvements recueillis (photo prise par ATHMANI.S Service biochimie-CHU Tlemcen).



Figure 20 : Phase préanalytique : décantation des plasmas. (photo prise par ATHMANI.S Service biochimie-CHU Tlemcen).

I.4.3- Phase de dosage :

I.4.3.1- Les paramètres étudiés :

Les paramètres biochimiques dosés pour chaque athlète sont regroupés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 13**).

Tableau 13 : Les paramètres biochimiques dosés pour chaque sportif.

Automates			
	Siemens Dimension Rxl Max[®]	BIO-RAD D10[®]	
Paramètres biochimiques	Glycémie		
	Urémie		
	Créatininémie		
	Uricémie		
	Cholestérolémie totale		
	Triglycéridémie		
	Taux plasmatique des aspartate amino-transférases		
	Taux plasmatique des alanine amino-transférases		L'hémoglobine
	Taux plasmatique des gamma glutamyl-transférases		glyquée HbA _{1C}
	Bilirubinémie totale		
	Bilirubinémie directe		
	Albuminémie		
	Protidémie		
	Sidérémie		
	Calcémie		
Taux plasmatique de la Créatine Phospho-kinase			

I.4.3.2- Méthodes de dosages :

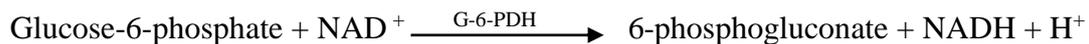
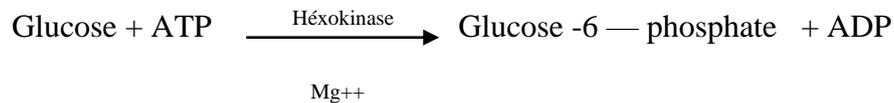
Avant de traiter les différents échantillons, les automates doivent être étalonnés en utilisant les différents calibrateurs spécifiques pour chaque paramètre biochimique fournis dans les kits de tests.

Ensuite des contrôles lyophilisés **Siemens[®]** et **BIO-RAD[®]** reconstitués par l'eau distillée, permettent de rendre des résultats sûrs et fiables, en toute confiance, c'est le contrôle de la qualité.

1- Dosage du glucose : (Réactif GLUC Flex, n° de référence DF40)

L'hexokinase (HK) catalyse la phosphorylation du glucose en présence d'adénosine-5'-triphosphate (ATP) et de magnésium pour former du glucose-6-phosphate (G-6-P) et de l'adénosine diphosphate (ADP). Le G-6-P est ensuite oxydé par la glucose-6-phosphate déshydrogénase (G-6-PDH) en présence de nicotinamide adénine dinucléotide (NAD) pour

produire du 6-phosphogluconate et du NADH. Une mole de NAD est réduite en une mole de NADH pour chaque mole de glucose présente. L'absorbance due au NADH (et donc, à la concentration de glucose) est déterminée grâce à une technique bichromatique en point final (340 et 383 nm).



2- Dosage de l'hémoglobine glyquée :

Le dosage quantitatif de l'hémoglobine glyquée a été réalisé directement sur sang total par le système BIO-RAD D-10 qui utilise les principes de la chromatographie liquide haute performance à échange d'ions (la méthode HPLC certifiée NGSP).

Les échantillons sont automatiquement dilués dans le système D-10, puis injectés dans le circuit d'écoulement analytique et appliqués à la cartouche analytique.

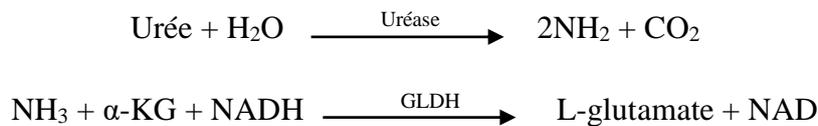
Le système D-10 envoie un gradient programmé de tampon de force ionique croissante dans la cartouche, les molécules d'Hb sont alors séparées en fonction de leur interaction ionique avec le matériau contenu dans la cartouche. Elles traversent ensuite la cellule à circulation du photomètre filtre où sont mesurés les changements d'absorbance à 415 nm. Le logiciel D-10 intègre les données brutes recueillies lors de chaque analyse. Un compte rendu d'analyse et un chromatogramme sont générés pour chaque échantillon.

La surface de l'HbA_{1c} est calculée à l'aide d'un algorithme gaussien exponentiellement modifié qui permet d'exclure la surface des pics dus à l'HbA_{1c} labile et à l'Hb carbamylée de la surface du pic A_{1c}.

3- Dosage de l'urée : (Réactif BUN Flex, n° de référence DF21)

L'uréase hydrolyse spécifiquement l'urée pour former de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. L'ammoniac est utilisé par l'enzyme glutamate déshydrogénase (GLDH) pour aminer de manière réductrice l' α -cétoglutarate (α -KG), avec une oxydation simultanée du nicotinamide-adénine dinucléotide (NADH) réduit. Le changement d'absorbance à 340 nm dû

à la disparition du NADH est directement proportionnel à la concentration de l'urée dans l'échantillon et se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (340, 383 nm).



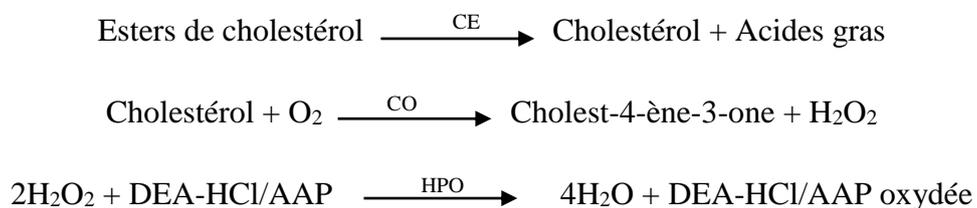
4- Dosage de la créatinine : (Réactif CRE2 Flex, n° de référence DF33B)

La méthode CRE 2 utilise une technique impliquant la cinétique de Jaffé modifiée. En présence d'une base forte telle que NaOH, le picrate réagit avec la créatinine pour former un chromophore rouge. Le taux d'augmentation de l'absorbance à 510 nm due à la formation de ce chromophore est directement proportionnel à la concentration de créatinine dans l'échantillon. Il se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (510, 600 nm). La bilirubine est oxydée par le ferricyanure de potassium pour éviter les interférences.



5- Dosage du cholestérol : (Réactif CHOL Flex, n° de référence DF27)

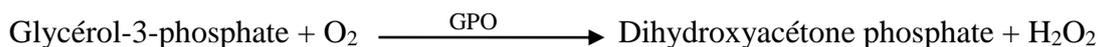
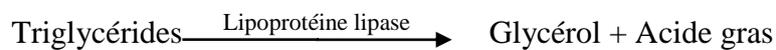
La cholestérol estérase (CE) catalyse l'hydrolyse des esters du cholestérol pour produire du cholestérol libre qui, ainsi que le cholestérol libre préexistant, est oxydé lors d'une réaction catalysée par la cholestérol oxydase (CO) pour former du cholest-4-ène-3-one et du peroxyde d'hydrogène. En présence de peroxydase de raifort (HPO), le peroxyde d'hydrogène ainsi formé sert à oxyder la N,N diéthylaniline-HCl/4-aminoantipyrine (DEA-HCl/AAP) pour produire un chromophore adsorbant à 540 nm. L'absorbance causée par la DEA-HCl/AAP oxydée est directement proportionnelle à la concentration de cholestérol total et se mesure grâce à une technique polychromatique (452, 540, 700 nm) en point final.



6- Dosage des triglycérides : (Réactif TGL Flex, n° de référence DF69A)

La méthode des triglycérides se fonde sur une procédure enzymatique dans laquelle une association d'enzymes est utilisée pour la mesure des triglycérides du sérum ou du plasma.

L'échantillon est incubé avec un réactif enzymatique, la lipoprotéine lipase (LPL), qui transforme les triglycérides en glycérol libre et en acides gras. La glycérol kinase (GK) catalyse la phosphorylation du glycérol par l'adénosine-5-triphosphate (ATP) en glycérol-3-phosphate. La glycérol-3-phosphate-oxydase oxyde le glycérol-3-phosphate en dihydroxyacétone phosphate et en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). L'action catalytique de la peroxydase (POD) forme de la quinonéimine à partir de l'H₂O₂, de l'aminopyrine et du 4-chlorophénol. Le changement d'absorbance dû à la formation de quinonéimine est directement proportionnel à la quantité totale de glycérol et de ses précurseurs dans l'échantillon et se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (510-700 nm) en point final.



7- Dosage de l'acide urique : (Réactif URCA Flex, n° de référence DF77)

L'acide urique, qui absorbe la lumière à 293 nm, est converti par l'uricase en allantoïne, qui est non absorbante à 293 nm. Le changement d'absorbance à 293 nm dû à la disparition de l'acide urique est directement proportionnel à la concentration d'acide urique dans l'échantillon et se mesure grâce à une technique bichromatique (293, 700 nm) en point final.



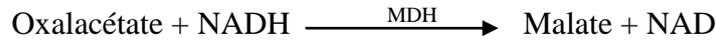
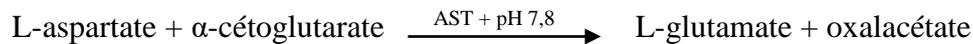
(absorption à 293 nm)

(non absorption à 293 nm)

8- Dosage des ASAT : (Réactif AST Flex, n° de référence DF41A)

L'aspartate aminotransférase (AST) catalyse la transamination du L-aspartate vers l'alpha-cétoglutarate, en formant du L-glutamate et de l'oxalacétate. L'oxalacétate formé est réduit en malate par la malate déshydrogénase (MDH) avec une oxydation simultanée de la nicotinamide-adénine dinucléotide (NADH) réduite. La modification de l'absorbance avec le

temps causée par la conversion de la NADH en NAD est directement proportionnelle à l'activité AST et se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (340, 700 nm).



9- Dosage des ALAT : (Réactif ALTI Flex, n° de référence DF41A)

L'alanine aminotransférase (ALAT) catalyse la transamination de la L-alanine vers le α -kétoglutarate (α -KG), en formant du L-glutamate et du pyruvate. Le pyruvate formé est réduit en lactate par la lactate déshydrogénase (LDH) avec une oxydation simultanée du nicotinamide-adénine dinucléotide (NADH) réduit. La modification de l'absorbance est directement proportionnelle à l'activité de l'alanine aminotransférase et se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (340, 700 nm).



P5P, Tris, pH 7,4



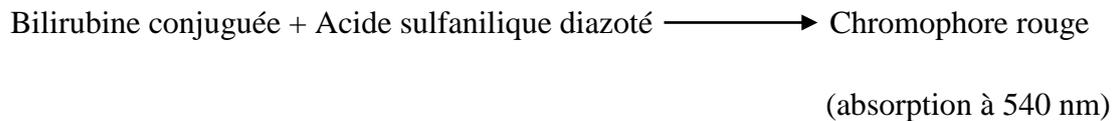
10- Dosage des gamma glutamyl-transférase (γ -GT) : (Réactif GGT Flex, n° de référence DF21A)

La gammaglutamyl-transférase catalyse le transfert du fragment de glutamyl du gamma-glutamyl-3-carboxy-4-nitranilide vers la glycyglycine, ce qui libère du 5-amino-2-nitrobenzoate absorbant à 405 nm. Cette modification est proportionnelle à l'activité de la gammaglutamyl-transférase et se mesure grâce à une technique cinétique bichromatique (405, 600 nm).

11- Dosage de la bilirubine directe (conjuguée) : (Réactif BDI Flex, n° de référence DF125)

L'acide sulfanilique diazoté se forme par combinaison du nitrite de sodium et de l'acide sulfanilique à faible pH. L'échantillon est dilué dans 0.5M HCl. Une lecture du blanc est effectuée pour éliminer l'interférence due aux pigments non-bilirubine. Lorsque l'acide sulfanilique diazoté est ajouté, la bilirubine conjuguée est transformée en diazo-bilirubine, un

chromophore rouge qui absorbe à 540 nm et se mesure grâce à une technique bichromatique (540, 700 nm) en point final.



12- Dosage de la bilirubine totale : (Réactif BT Flex, n° de référence DF67)

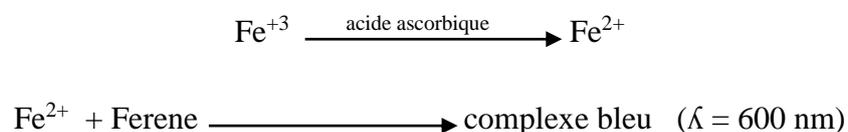
Réaction entre la bilirubine et l'acide sulfanilique diazoté qui conduit à un composé, l'azobilirubine, coloré en milieu très acide ou basique.

Principe de Molloy- Evelyn modifié par Walters et al : en solution aqueuse, seul la BD réagit. Pour doser la BT il est nécessaire de rompre la liaison entre la bilirubine indirecte et l'albumine. Cette étape est réalisée par l'addition de diméthyl sulfoxyde (DMSO).

L'absorbance de l'azobilirubine ainsi produit est proportionnelle à la concentration en bilirubine et est mesurée à 550nm.

13- Dosage du fer sérique : (Réactif iron Flex, n° de référence DF35)

Dans des échantillons acides, le fer (Fe^{3+}) lié à la protéine transferrine est libéré. En présence de l'agent réducteur acide ascorbique, le Fe^{3+} est réduit en Fe^{2+} , le Fe^{2+} forme un complexe bleu avec le sel de l'acide 5,5'(3-(2-pyridyl)-1,2,4-triazine-5,6-diyl)-bis-2-furan sulfonine de sodium (Ferene). L'absorbance du complexe mesurée grâce à une technique bichromatique (600, 700 nm) en point final est directement proportionnelle à la concentration de fer dans le sérum.



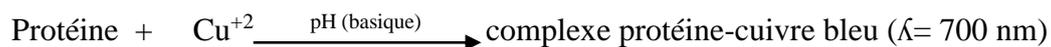
14- Dosage de l'albumine : (Réactif ALB Flex, n° de référence DF67)

En présence d'un agent solubilisant, la PCB se lie à l'albumine à pH=4.9, la quantité de complexe albumine-PCB est directement proportionnelle à la concentration de l'albumine, le complexe absorbe à 600 nm, la concentration de l'albumine totale est mesurée à l'aide d'une technique poly chromatique en point final (540 – 700 nm).



15- Dosage des protéines totales : (Réactif PT Flex, n° de référence DF21A)

Les ions cuivre (Cu^{+2}) réagissent avec les liaisons peptidiques des protéines dans une solution basique. Le complexe protéine-cuivre de couleur bleue ainsi formé est proportionnel à la concentration de protéines totales dans l'échantillon et est mesuré à l'aide d'une technique bichromatique en point final (540, 700 nm).



16- Dosage du calcium : (Réactif Calcium Flex, n° de référence DF42A)

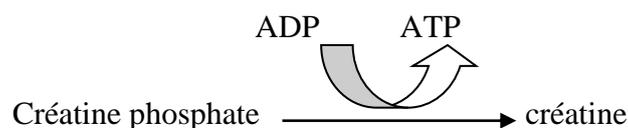
Le calcium réagit avec l'OCPC pour former un complexe violet. La quantité de complexe ainsi formée est proportionnelle à la concentration de calcium et se mesure grâce à une technique bichromatique (577, 540 nm) en point final. Les ions de magnésium, qui forment également un complexe coloré avec le 8-quinolinol.

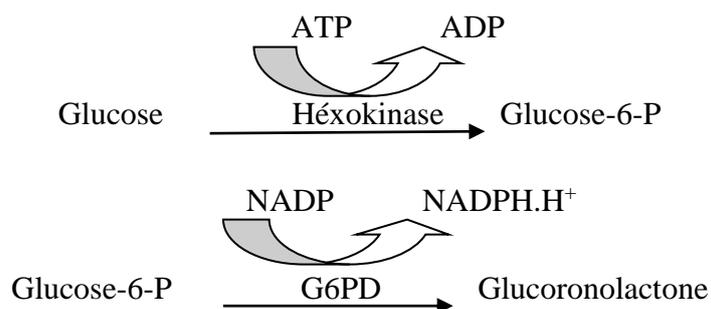


17- Dosage de la Créatine phosphokinase (CPK) : (Réactif CPK Flex, n° de référence DF44)

Lors d'une réaction enzymatique couplée, la créatine kinase de l'échantillon du patient catalyse la transphosphorylation du phosphate de la créatine phosphate en adénosine-diphosphate (ADP), ce qui produit de l'adénosine-triphosphate (ATP). L'héxokinase (HK) phosphoryle le glucose de l'ATP pour phosphoryler le glucose. Le glucose-6-phosphate qui en résulte est oxydé par la glucose-6-phosphate déshydrogénase avec une réduction simultanée du nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADP).

La vitesse de formation du NADPH est directement proportionnelle à l'activité de CK de l'échantillon et est mesurée de façon bichromatique à 340 et 540 nm.



**I.5- Critères de jugement :**

Ce sont :

1- Les normes des taux sanguins des différents paramètres biochimiques étudiés chez les sujets sportifs (**Tableau 14**).

Tableau 14 : Valeurs normales des paramètres biochimiques évalués chez les sujets sportifs.

	Paramètre biochimique	Normes	Unités
1	L'hémoglobine glyquée HbA _{1c}	< 6	%
2	Glycémie	0,7 – 1,10	g/l
3	Urémie	0,15 – 0,50	g/l
4	Créatininémie	0,50 – 1,30	mg/dl
5	Uricémie	25 – 70	mg/l
6	Cholestérolémie totale	1,30 – 2,00	g/l
7	Triglycéridémie	0,40 – 1,50	g/l
8	Taux plasmatique des aspartate amino-transférases	0 – 45	U/l
9	Taux plasmatique des alanine amino-transférases	0 – 45	U/l
10	Taux plasmatique des gamma glutamyl-transférases	1 – 73	U/l
11	Bilirubinémie totale	0,30 – 1,20	mg/dl
12	Bilirubinémie directe	0 – 0,20	mg/dl
13	Albuminémie	32 – 50	g/l
14	Protéinémie	60 – 80	g/l
15	Sidérémie	50 – 170	mg/l
16	Calcémie	85 – 100	mg/l
17	Taux plasmatique de la Créatine Phospho-kinase	26 – 308	U/l

2- Les normes de l'indice de masse corporelle (IMC) calculé (**Tableau 15**).

Tableau 15 : Classification des troubles pondéraux chez l'adulte en fonction de l'IMC.

Classification	IMC (Kg/m ²)
Maigreur	<18,5
Normalité	18,5 – 24,9
Surpoids	25 – 29,9
Obésité	≥ 30
Obésité classe I	30 – 34,9
Obésité classe II	35 – 39,5
Obésité classe III	≥ 40

I.6- Analyse statistique des résultats :

- Les données ont été analysées au moyen du logiciel SPSS (statistical package for social sciences) version 21.
- Les résultats ont été exprimés en pourcentage pour les variables qualitatives et en moyenne \pm l'écart type pour les variables quantitatives.
- Les comparaisons de 2 moyennes sur séries indépendantes ont été effectuées au moyen du test-*t* de Student pour séries indépendantes.
- Les comparaisons de pourcentages sur séries indépendantes ont été effectuées par le test du Chi² de Pearson.
- Les liaisons entre 2 variables quantitatives ont été étudiées par le coefficient de corrélation de Pearson.
- Dans tous les tests statistiques, le seuil de signification a été fixé à 0,05

I.7- Aspect éthique :

- Les sujets inclus ont été informés de la nature de l'étude et ont fourni un consentement verbal libre et éclairé afin d'y participer.
- La confidentialité des résultats a été respectée.

Partie II : Étude du marché des compléments alimentaires à usage sportif au niveau de la wilaya de Tlemcen

I.1- Type, lieu et période de l'étude :

Il s'agit d'une étude transversale descriptive qui s'est déroulée auprès des magasins spécialisés des compléments alimentaires à usage sportif dans la wilaya de Tlemcen, sur une période de deux mois.

I.2- Échantillon de l'étude :

Notre enquête a porté sur toutes les marques commerciales des compléments alimentaires destinés aux sportifs, disponibles dans le marché de la wilaya de Tlemcen.

I.2.1- Critères d'inclusion :

A été inclu dans cette étude tout complément alimentaire :

- À usage sportif,
- Vendu dans les boutiques de fitness de la wilaya de Tlemcen.

I.2.2- Critères de non inclusion :

Nous n'avons pas inclu dans cette étude :

- Les substances dopantes,
- Les compléments alimentaires commercialisés en dehors de la wilaya de Tlemcen.

I.3- Recueil des données et déroulement de l'étude :

Nous nous sommes intéressés à l'étude du marché des compléments alimentaires à usage sportif dans la wilaya de Tlemcen. Pour ce faire, nous avons mené une enquête auprès des magasins spécialisés des compléments alimentaires à usage sportif dans la wilaya de Tlemcen.

L'enquête a été réalisée comme suit :

- Nous avons visité le maximum des boutiques spécialisées dans la vente de ces produits au sein de notre wilaya.
- Dans chacune des boutiques visitées, nous avons listé :
 - Toutes les marques commerciales disponibles dans le magasin,
 - Les pays d'origine de chacune de ces marques,
 - Tous les compléments alimentaires commercialisés quelque soit leur type et leur marque,
 - La composition détaillée de chacun de ces compléments alimentaires mentionnée sur l'étiquette,
 - La teneur de chacun des composants dans ces compléments alimentaires,
 - Les recommandations relatives à la dose à ne pas dépasser pour chaque produit.

I.4- Critères de jugement :

Ce sont :

- Les normes réglementaires de la DGCCRF relatives aux substances utilisées comme compléments alimentaires,
- Les normes Algériennes relatives aux additifs alimentaires (Journal officiel),
- Les normes Européennes de l'EFSA concernant la toxicité des additifs alimentaires.
- Le code mondial d'antidopage d'AMA relatif aux substances dopantes.

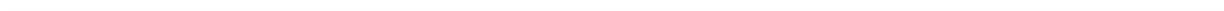
I.5- Analyse statistique des résultats :

Les données ont été saisies et traitées par le logiciel Excel version 2007.

I.6- Aspect éthique :

Nous déclarons n'avoir aucun conflit ni liens d'intérêt avec les différentes marques commerciales des compléments alimentaires étudiées.

II. Les Résultats



**Partie I : Étude descriptive des effets des compléments
alimentaires à usage sportif sur les paramètres biologiques
sanguins des sujets consommateurs**

II.1 Répartition des groupes de l'étude selon les données sociodémographiques :

II.1.1 L'âge :

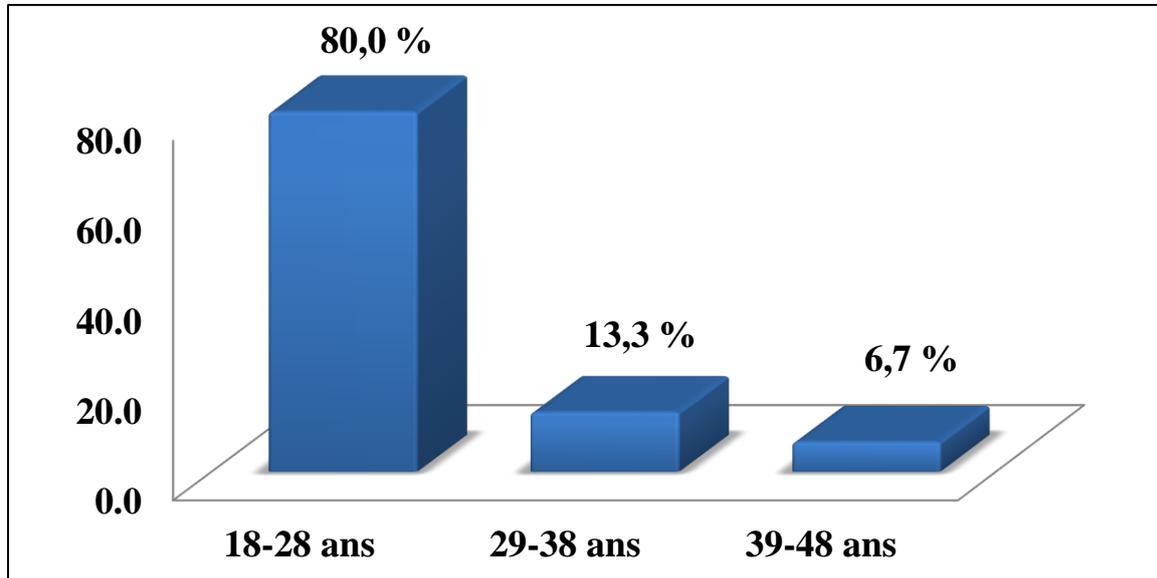


Figure 21 : Répartition des sujets sportifs par tranches d'âge.

La moyenne d'âge des candidats de notre population était de $26,37 \pm 5,67$ ans avec des extrêmes allant de 22 à 44 ans. La classe d'âge la plus représentée était celle de 18 à 28 ans avec un pourcentage de 80 %.

La différence entre les moyennes d'âge des deux groupes étudiés n'était pas significative ($p=0,760$) du fait que l'âge faisait partie des critères de choix de nos athlètes témoins.

II.1.2 L'activité professionnelle :

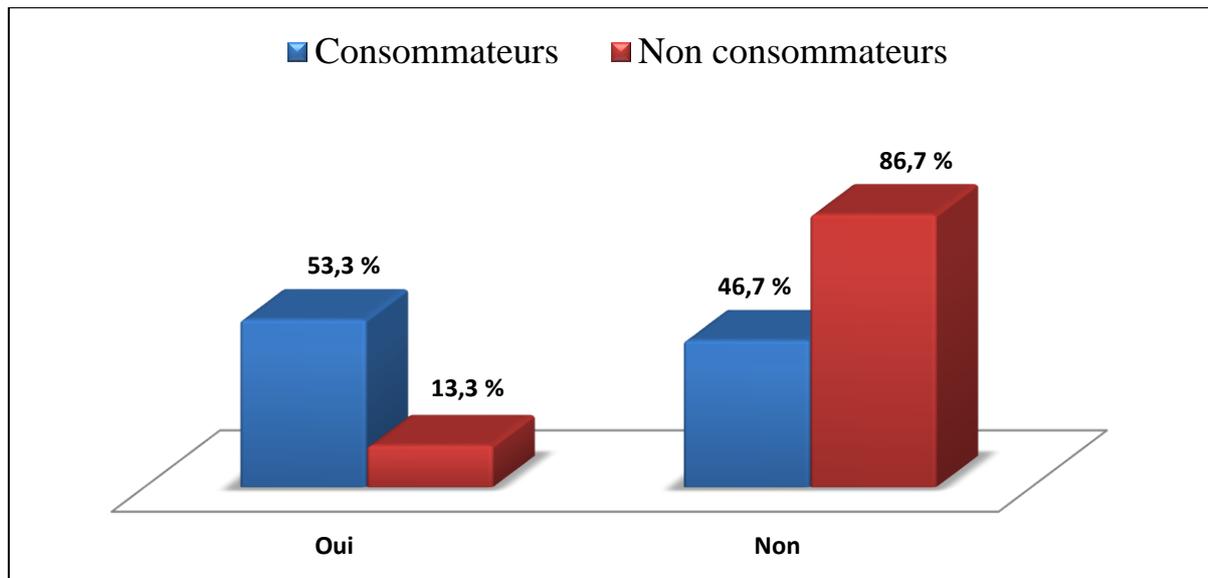


Figure 22 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'activité professionnelle.

L'analyse du statut professionnel de notre échantillon d'étude montre que 46.7 % des sportifs consommateurs des compléments alimentaires étaient sans profession contre 86.7 % dans le groupe témoin où seuls 13.3 % avaient une activité professionnelle.

Sur le plan statistique, la différence n'est pas significative entre les deux groupes d'étude ($p = 0.886$).

II.1.3 L'état civil :

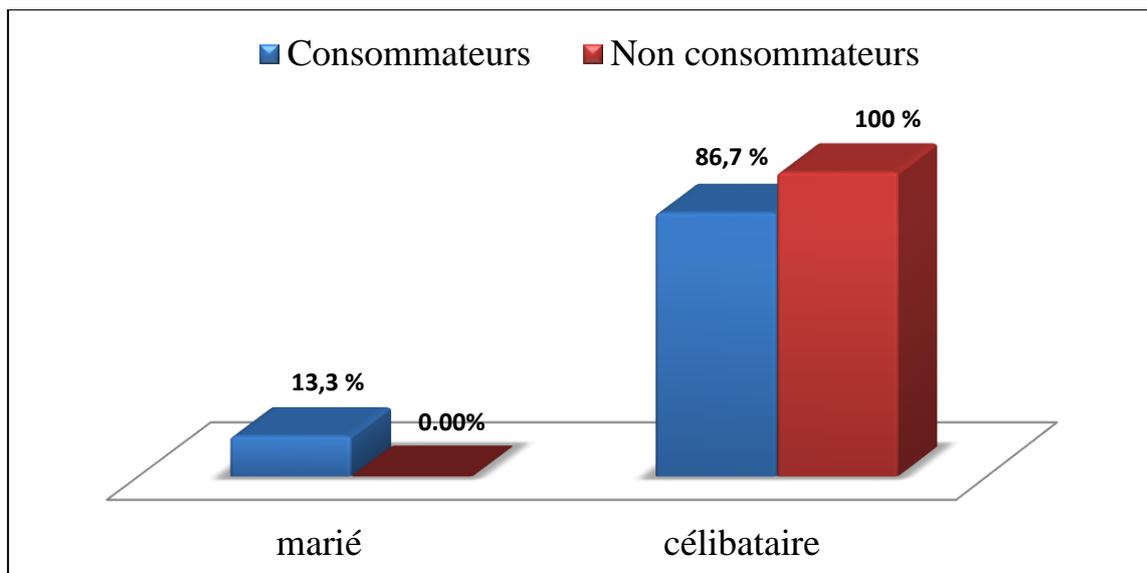


Figure 23 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'état civil.

Le taux de célibat était de 100 % dans le groupe témoin, contre 86,7 % dans celui des athlètes consommateurs de CA.

Aucune statistique n'a été calculée car l'état civil des sujets non consommateurs de CA est une constante.

II.1.4 Le niveau d'instruction :

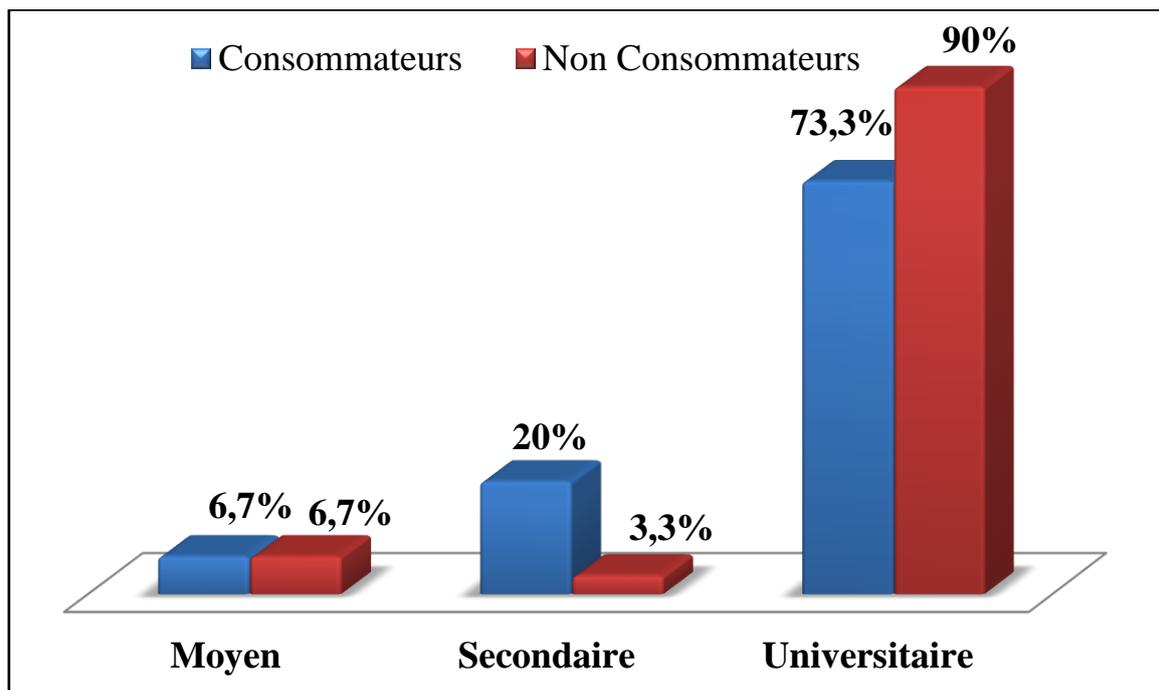


Figure 24 : Répartition des groupes de l'étude en fonction du niveau d'instruction.

En tenant compte du niveau d'instruction, 73,3 % des sportifs consommateurs de CA avaient un niveau d'étude universitaire, 20 % le niveau secondaire et 6,7 % le niveau moyen.

Au sein du groupe témoin, 90 % des sportifs étaient des universitaires, 3.3 % avaient un niveau d'étude secondaire et 6.7 % un niveau moyen.

Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes d'étude ($p = 0.809$).

II.2 Répartition des groupes de l'étude selon les données médicales :

II.2.1 Indice de masse corporelle (IMC) :

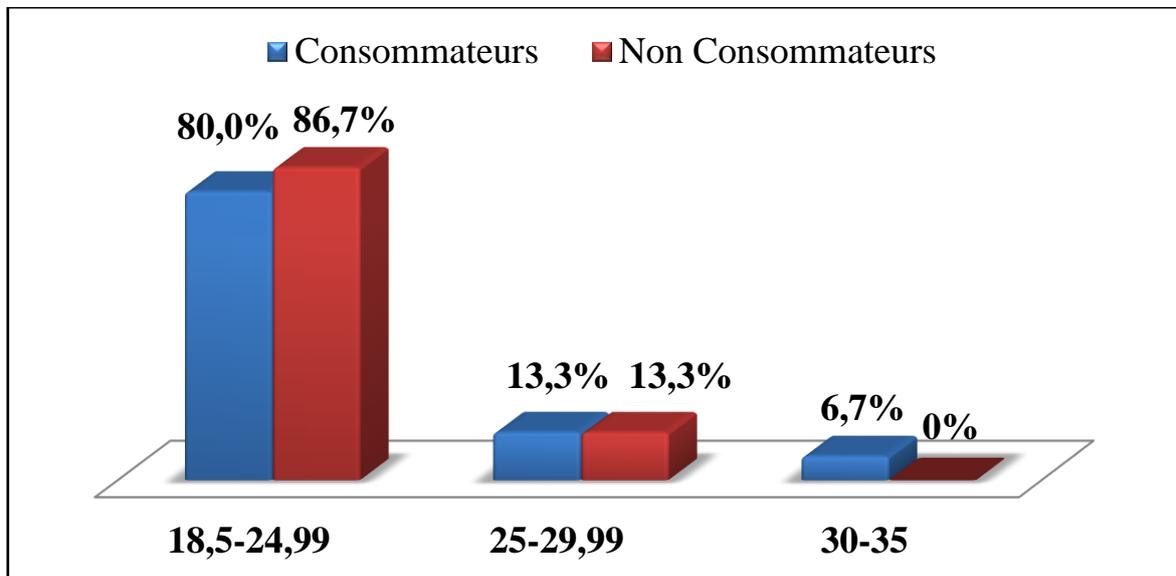


Figure 25 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de l'IMC (kg/m²).

Dans le groupe des athlètes consommateurs de CA, nous avons trouvé que la majorité des sujets (80 %) avaient un indice de masse corporelle normal ($18,5 \leq \text{IMC} \leq 24,99$), tandis que 13,3 % étaient en surpoids ($25 \leq \text{IMC} \leq 29,99$) et 6,7 % étaient obèses ($\text{IMC} \geq 30$).

Dans le groupe témoin, 86,7 % des sportifs avaient un IMC normal contre 13,3 % qui étaient en surpoids.

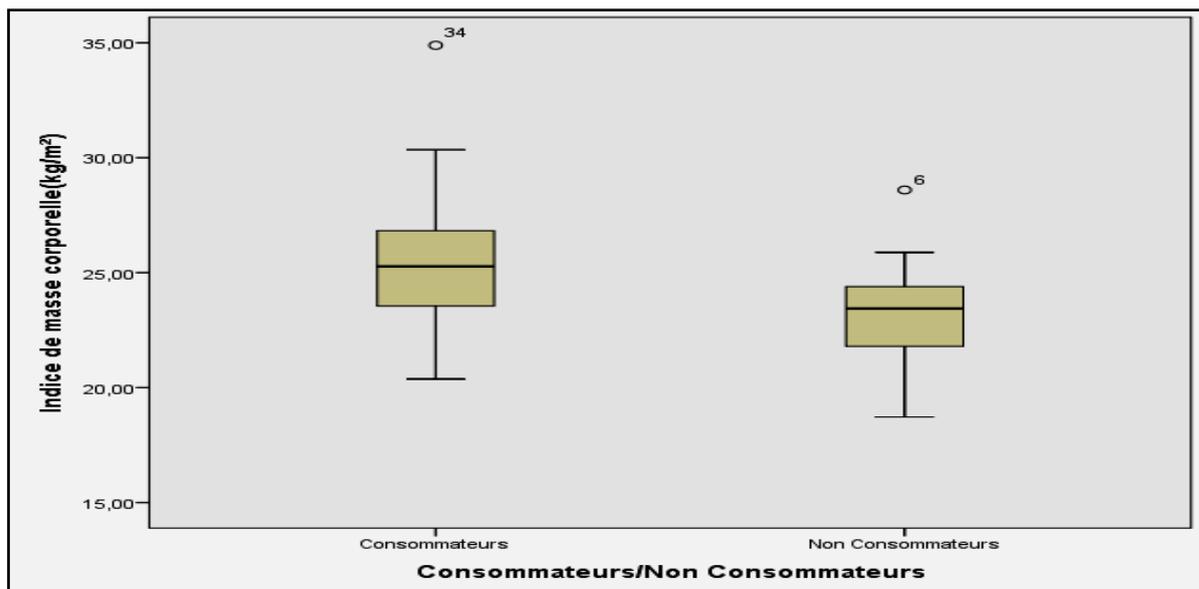


Figure 26 : Comparaison des niveaux moyens de l'IMC dans les deux groupes d'étude.

Les moyennes de l'IMC dans le groupe des sportifs consommateurs de CA et celui des témoins étaient de $25,58 \pm 2,95$ et $23,04 \pm 2,21$ respectivement. La différence statistique entre ces deux moyennes était très significative ($p < 10^{-3}$).

D'après les résultats, nous remarquons que la distribution de l'IMC dans le groupe des athlètes consommateurs de CA est symétrique puisque la médiane est située au milieu de la boîte et que les deux moustaches sont de longueurs égales, alors que chez les sportifs témoins la série est moyennement symétrique. Il y a une seule valeur atypique pour les deux groupes.

II.2.2 Le tabagisme :

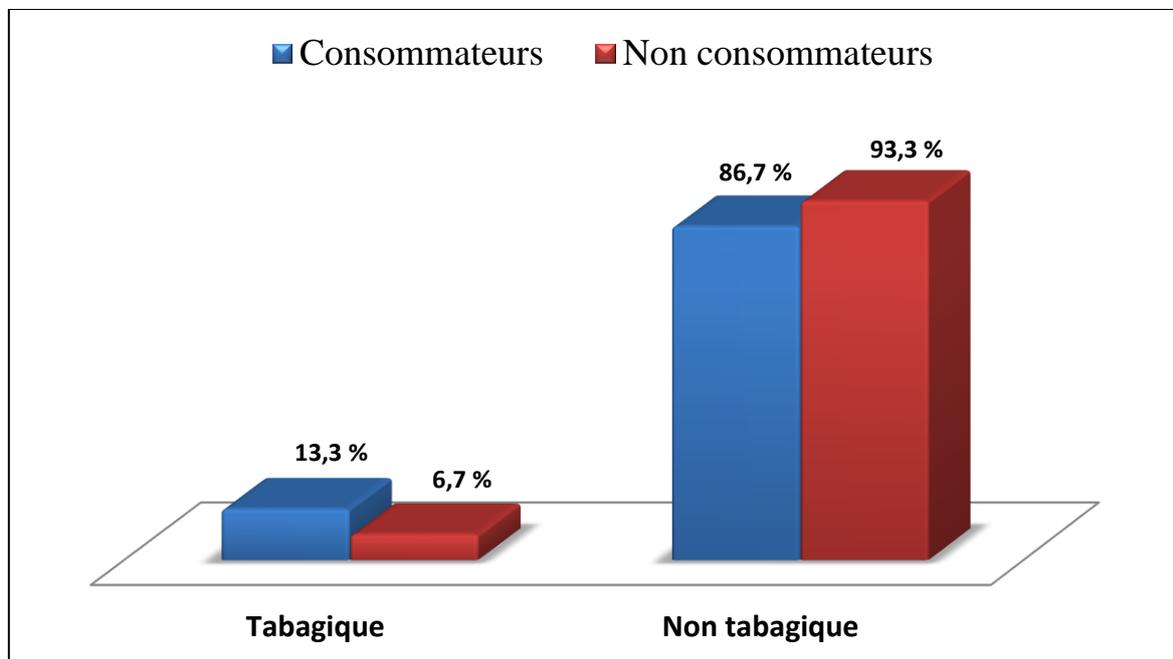


Figure 27 : Répartition des groupes de l'étude en fonction de leurs habitudes tabagiques.

La plus part des sujets sportifs inclus dans notre étude étaient des non fumeurs avec un pourcentage de 86,7 % chez les consommateurs de CA et 93,3 % chez les témoins.

Statistiquement il n'y a aucune différence entre les deux groupes étudiés ($p = 0.566$).

II.2.3 Les antécédents d'analyse médicale :

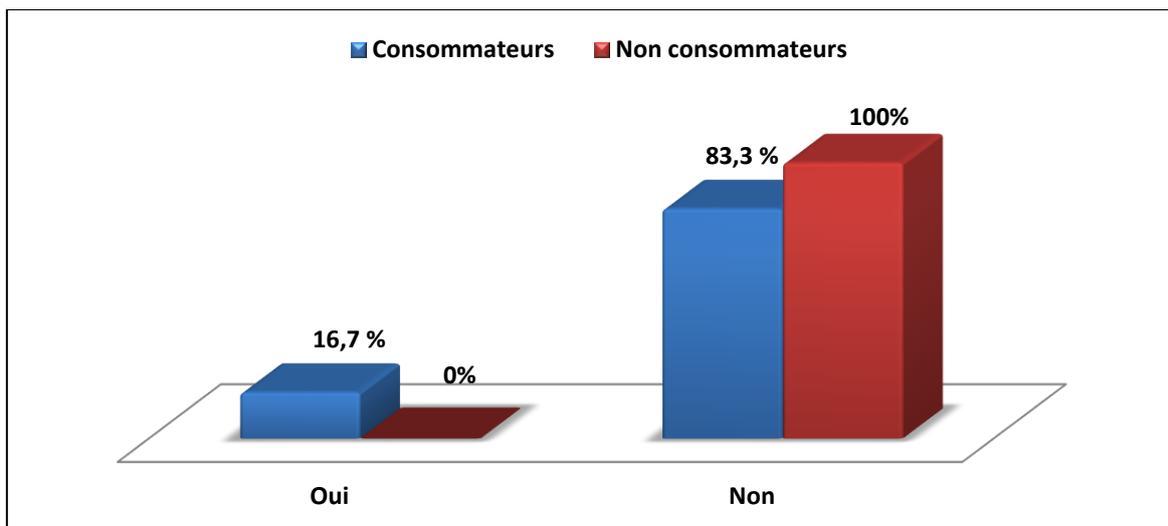


Figure 28 : Répartition des groupes de l'étude selon les antécédents d'analyse médicale.

Dans le groupe des sportifs consommateurs de CA, seule une minorité (16,7 %) faisait des analyses biologiques périodiques. Tandis que dans le groupe témoin la totalité des sportifs n'avaient pas un bilan biologique antérieur.

Aucune statistique n'est calculée.

II.2.4 Les antécédents familiaux de maladie :

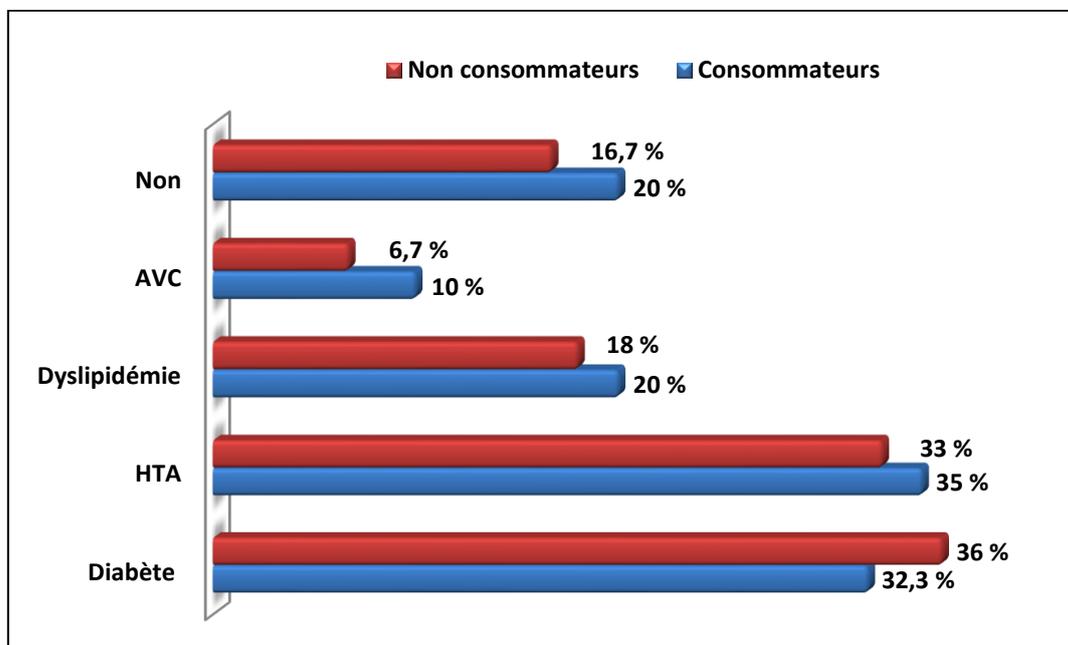


Figure 29 : Répartition des groupes de l'étude selon les antécédents familiaux de maladie.

La répartition des antécédents familiaux était quasi-identique pour les deux groupes. L'HTA et le diabète représentaient l'antécédent familial le plus fréquent.

II.3 Répartition des groupes de l'étude selon les données sportives et nutritionnelles :

II.3.1 Durée de la musculation :

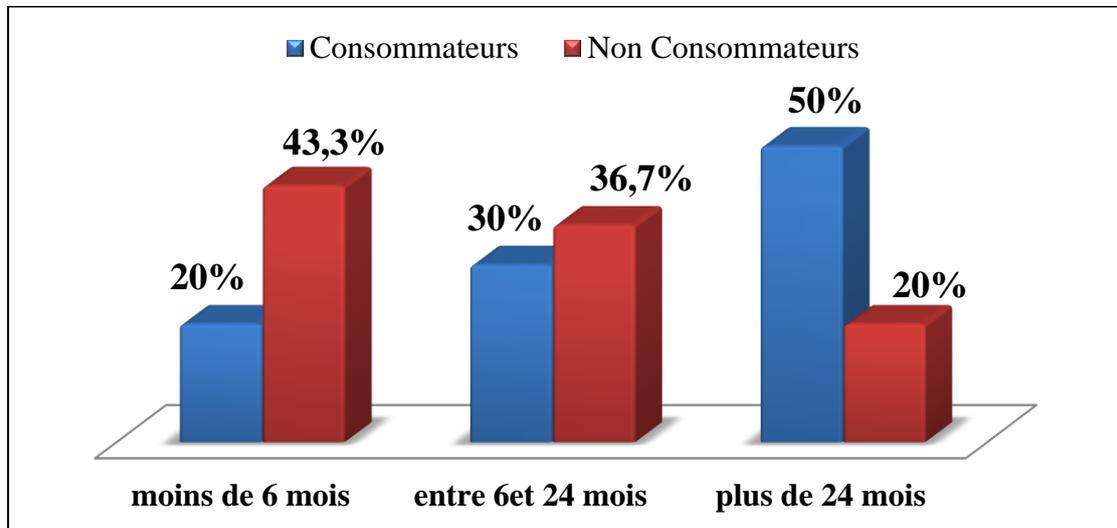


Figure 30 : Répartition des groupes de l'étude selon la durée de musculation.

En considérant la durée de la pratique sportive, la moitié des sujets consommateurs de CA commençaient la musculation depuis plus de deux ans contre 20 % des témoins, 30 % d'entre eux la pratiquaient depuis moins de deux ans mais plus de 6 mois (36,7 % dans le groupe témoin) et le reste (20 %) rentraient dans ce domaine depuis moins de 6 mois (43,3 % pour les sujets témoins).

Au risque de 5 %, aucune différence statistiquement significative n'est apparue entre les deux groupes de l'étude ($p=0.063$).

II.3.2 La fréquence hebdomadaire d'entraînement (séance/semaine) :

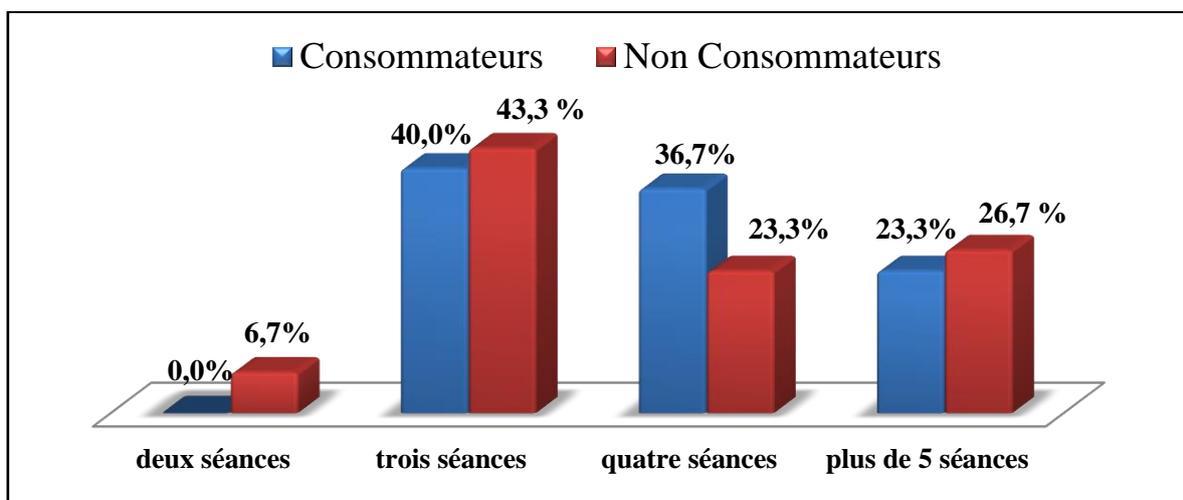


Figure 31 : Répartition des groupes de l'étude selon la fréquence hebdomadaire d'entraînement.

S'entraîner trois fois par semaine était la fréquence d'entraînement la plus courante dans les deux groupes de l'étude avec un pourcentage de 40 % pour les sportifs consommateurs de CA et 43,3 % pour les témoins.

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes de l'étude ($p=0.495$).

II.3.3 La durée d'une séance d'exercice (min/séance) :

Tableau 16 : La durée moyenne d'une séance de musculation pour les deux groupes (min).

Groupe	N	Moyenne	Écart-type	T	P
Consommateurs	30	66.83 min	14.05	-0.115	0.909
Non consommateurs	30	67.33 min	19.15		

La durée moyenne d'une séance de musculation pour les deux groupes était aux alentours d'une heure.

La différence de moyenne n'est pas significative ($p > 0,05$).

II.3.4 L'intensité de l'exercice :

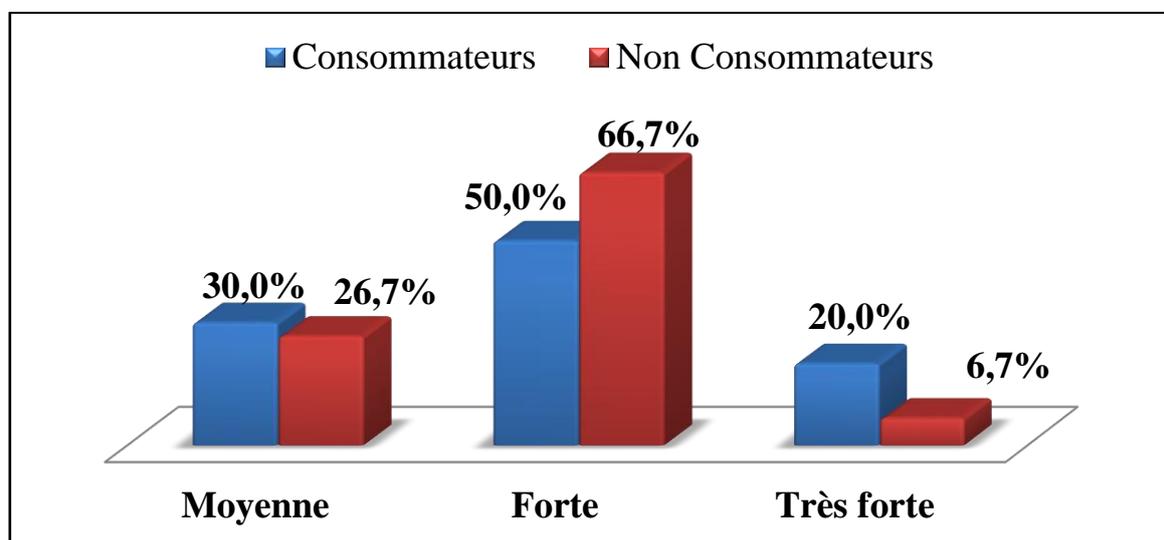


Figure 32 : Répartition des groupes de l'étude selon l'intensité de l'exercice.

La plupart des athlètes pratiquaient leurs exercices avec une intensité forte, 50 % pour sportifs consommateurs de CA et 66,7 % pour les témoins.

Les exercices d'intensité très forte prédominaient chez les athlètes consommateurs de CA 20 % (contre 6,7 % dans le groupe témoin).

Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes de l'étude (p=0.645).

II.3.5 La pratique d'autre sport en parallèle :

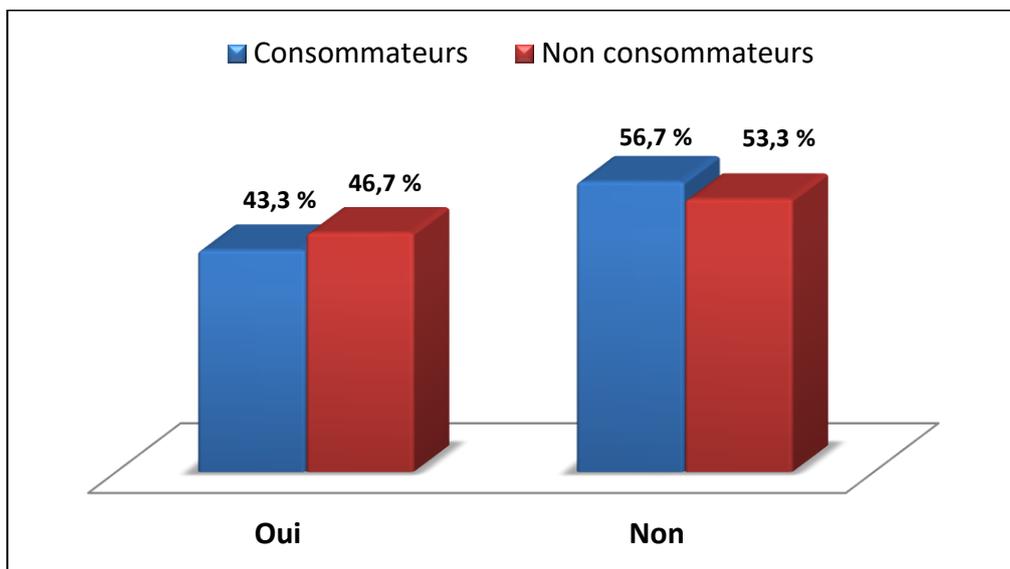


Figure 33 : Répartition des groupes de l'étude selon la pratique d'un autre sport en parallèle.

Nous avons noté que parmi les sujets inclus dans notre étude, presque la moitié pratiquait d'autres activités sportives parallèlement à la musculation ; 43,3 % dans le groupe des sportifs consommateurs de CA et 46,7 % dans celui des témoins.

Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes (p=0.961).

II.3.6 L'apport protéique journalier :

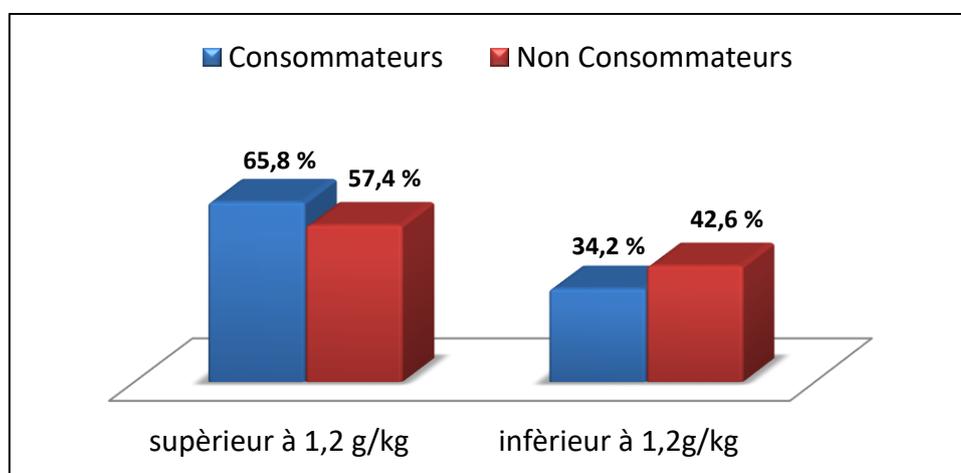


Figure 34 : Répartition des groupes de l'étude selon l'apport protéique journalier.

Nous avons estimé la quantité des protéines fournie par l'alimentation sans tenir compte de celle apportée par les compléments alimentaires. Dans le groupe des sportifs témoins 57,4 % des sujets avaient un apport protéique supérieur à 1,2 g/kg/j contre 65,8 % dans le groupe des consommateurs de CA. Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes de l'étude ($p = 0.902$).

II.4 Répartition des sujets selon les données relatives à la consommation des compléments alimentaires :

II.4.1 Les sportifs non consommateurs de CA : Les raisons de non consommation

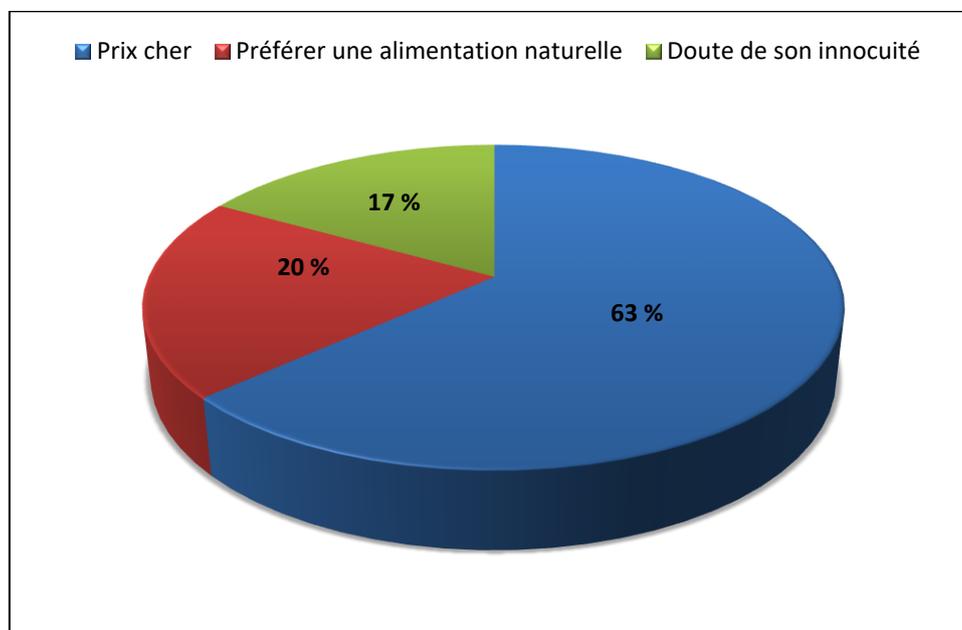


Figure 35 : Répartition des sportifs témoins selon les raisons de non consommation des CA.

Parmi les sportifs inclus dans le groupe témoin, 63 % des sujets ne prenaient pas des compléments alimentaires à cause de leurs prix cher, 17 % évitaient de les consommer pour des raisons de sécurité et de confiance dans les procédés de fabrication (innocuité) alors que 20 % préféraient une alimentation naturelle.

II.4.2 Les sportifs consommateurs de CA : les raisons de consommation

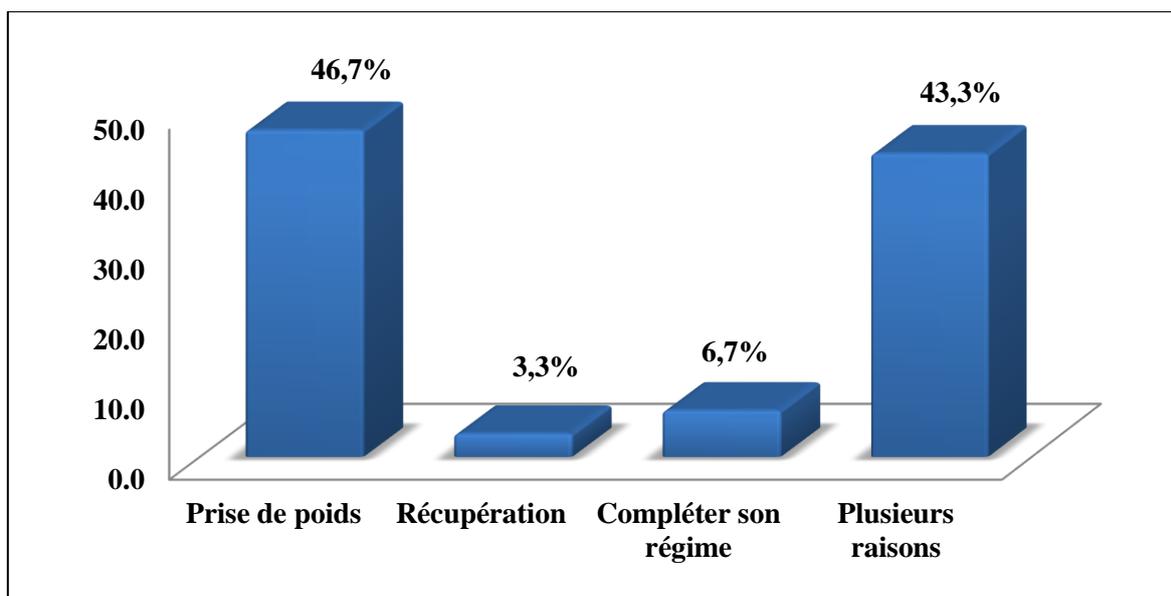


Figure 36 : Répartition des sportifs selon les raisons de consommation des CA.

La majorité des athlètes consommaient des compléments alimentaires dans le but de prendre du poids (masse musculaire) avec un pourcentage de 46,7 %. À un pourcentage aussi important (43,3 %), la consommation de CA était attribuée à plusieurs raisons simultanément (prise de poids, récupération, compléter le régime...).

II.4.3 Les motivations de consommation des compléments alimentaires par les sportifs :

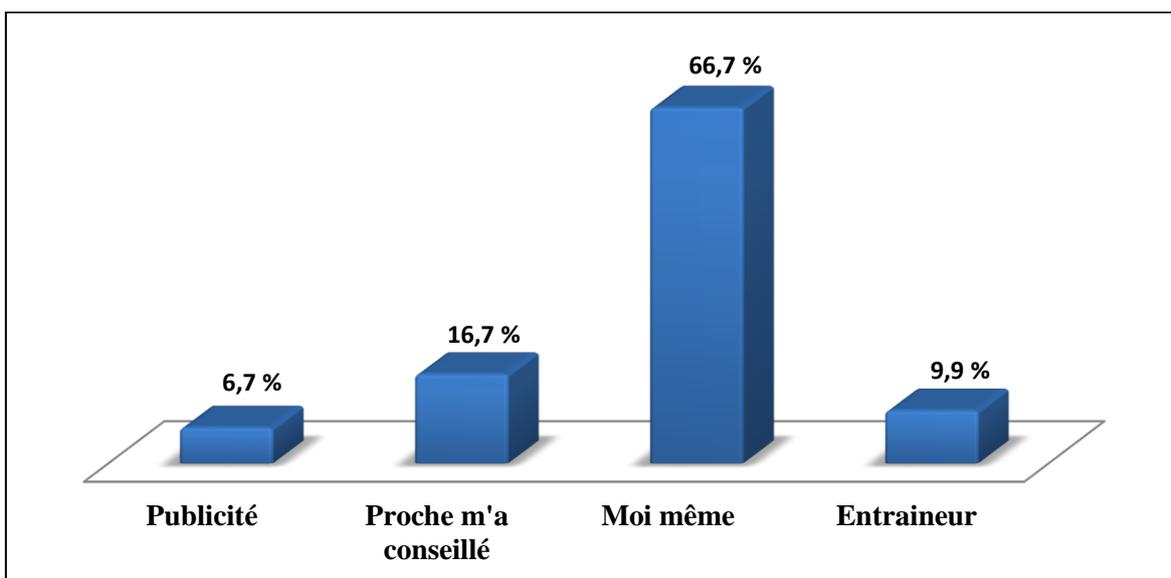


Figure 37 : Répartition des sportifs en fonction des motivations de la consommation des CA.

La majorité des athlètes (66,7 %) arrivaient à consommer les suppléments alimentaires par leurs propres initiatives, vient en deuxième position le conseil d'un proche (membre de la

famille, ami...) avec un pourcentage de 16,7 %, celui de l'entraîneur (9,9 %) puis en dernier rang la publicité qui était la moins impliquée (6,7 %).

II.4.4 La durée de consommation :

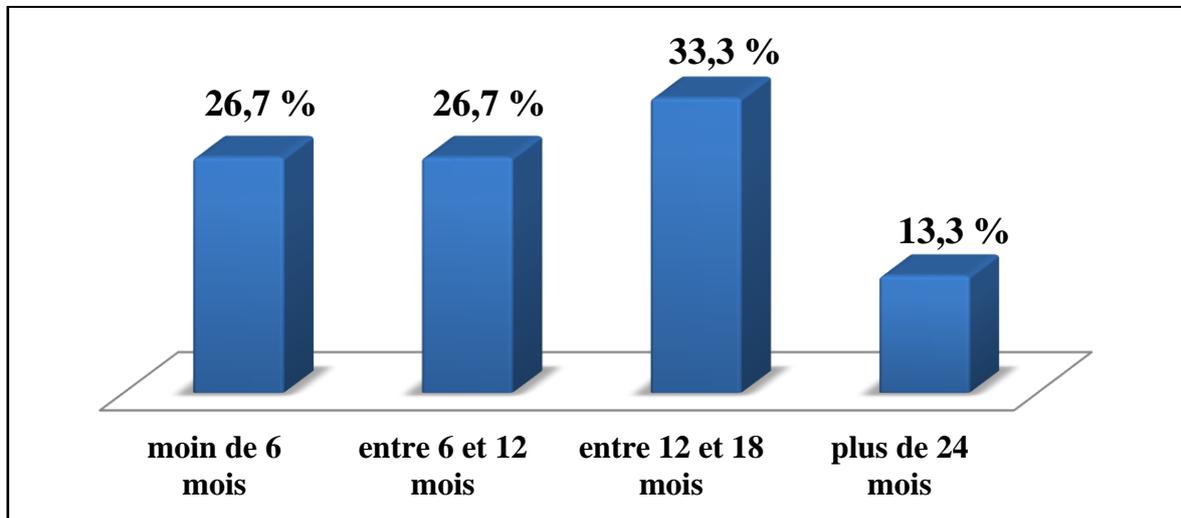


Figure 38 : Répartition des sportifs selon la durée de consommation des CA.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que 46,6 % des sportifs consommaient les CA depuis plus d'une année, 26,7 % pour une période de 6 à 12 mois et le même pourcentage pour une durée de moins de 6 mois.

II.4.5 Types des compléments alimentaires consommés par les sportifs :

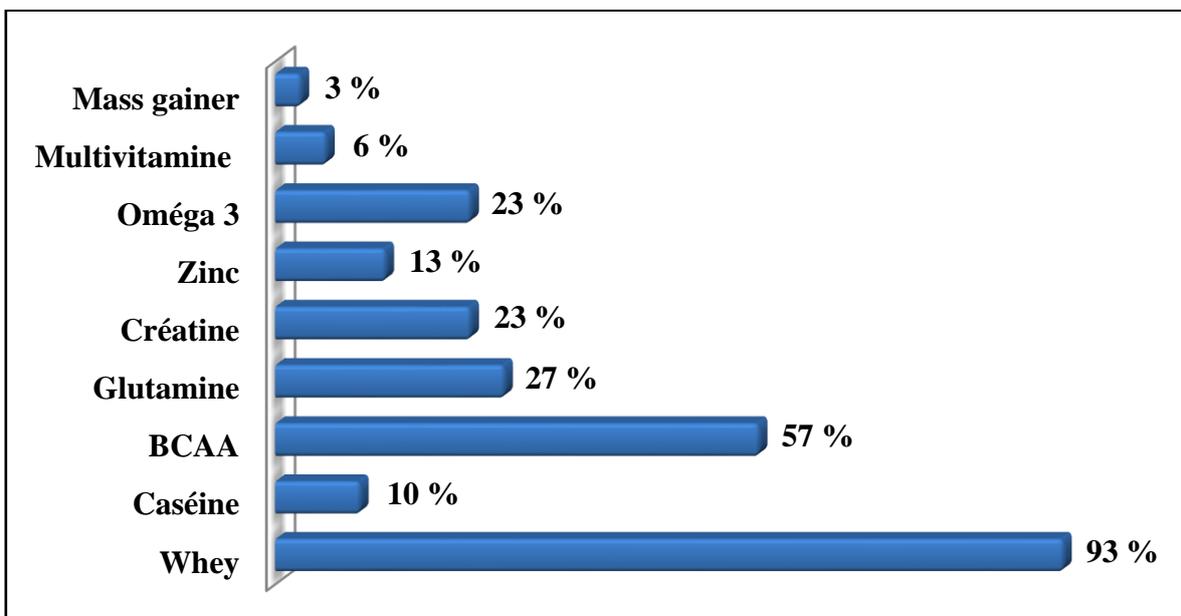


Figure 39 : Répartition des sportifs selon les types de CA consommés.

Les résultats ont montré une forte consommation de la Whey (93 %) et la BCAA (Branched Chain Amino Acids) (57 %), viennent ensuite la glutamine (27 %), la créatine (23 %) et les Oméga 3 (23 %) en deuxième position. Les autres CA (multivitamines, caséine, zinc,...) étaient présents à des pourcentages plus bas.

Certains participants consommaient plusieurs types de compléments alimentaires simultanément.

II.4.6 Le respect des doses recommandées :

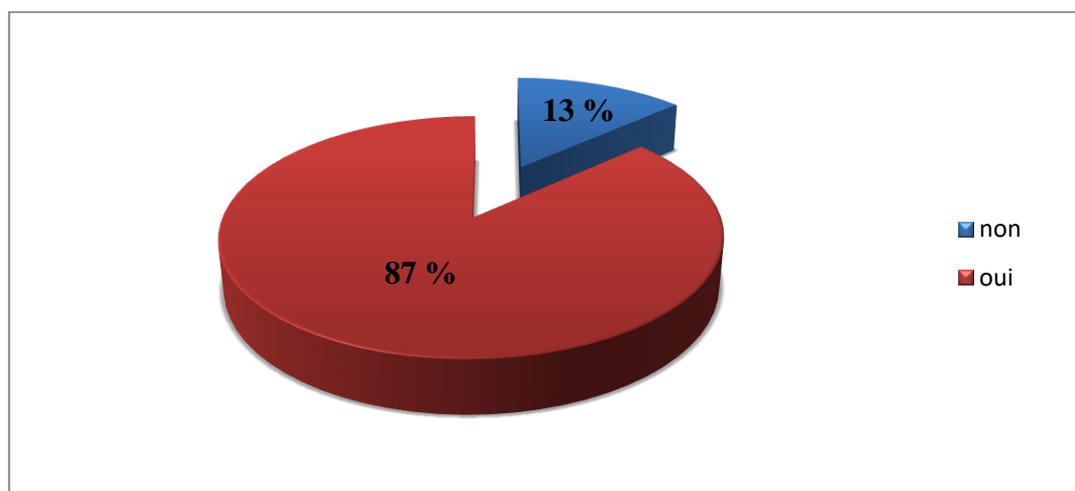


Figure 40 : Répartition des sportifs consommateurs de CA selon le respect des doses recommandées.

La majorité (87 %) des athlètes consommateurs des compléments alimentaires prétendaient suivre les recommandations fournies par les entreprises fabricantes de ces produits en respectant les doses journalières à ne pas dépasser.

II.4.7 Lieux d'achat des compléments alimentaires :

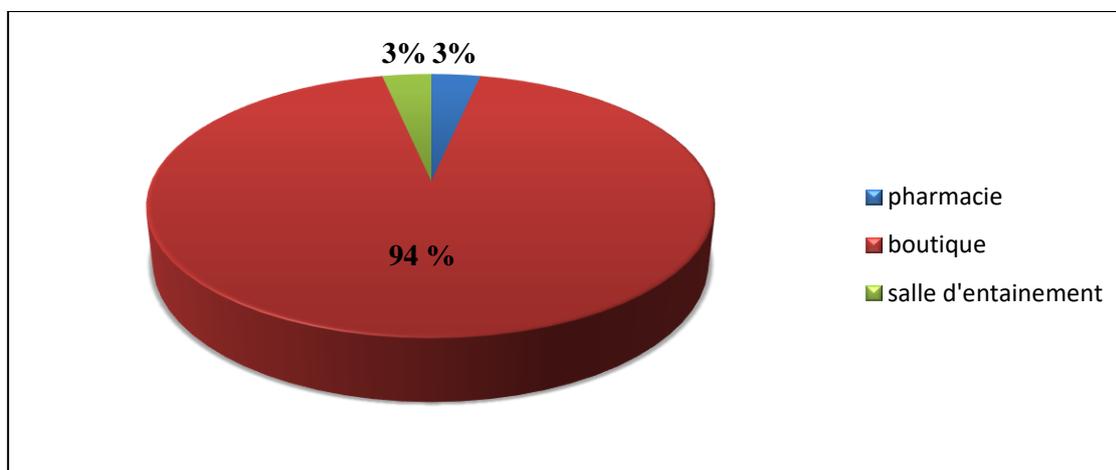


Figure 41 : Répartition des sportifs selon les sources d'achat des CA.

La quasi-totalité des athlètes (94 %) achetaient leurs produits des boutiques spécialisées des compléments alimentaires et des accessoires d'athlétisme.

II.4.8 Les critères d'achat des compléments alimentaires :

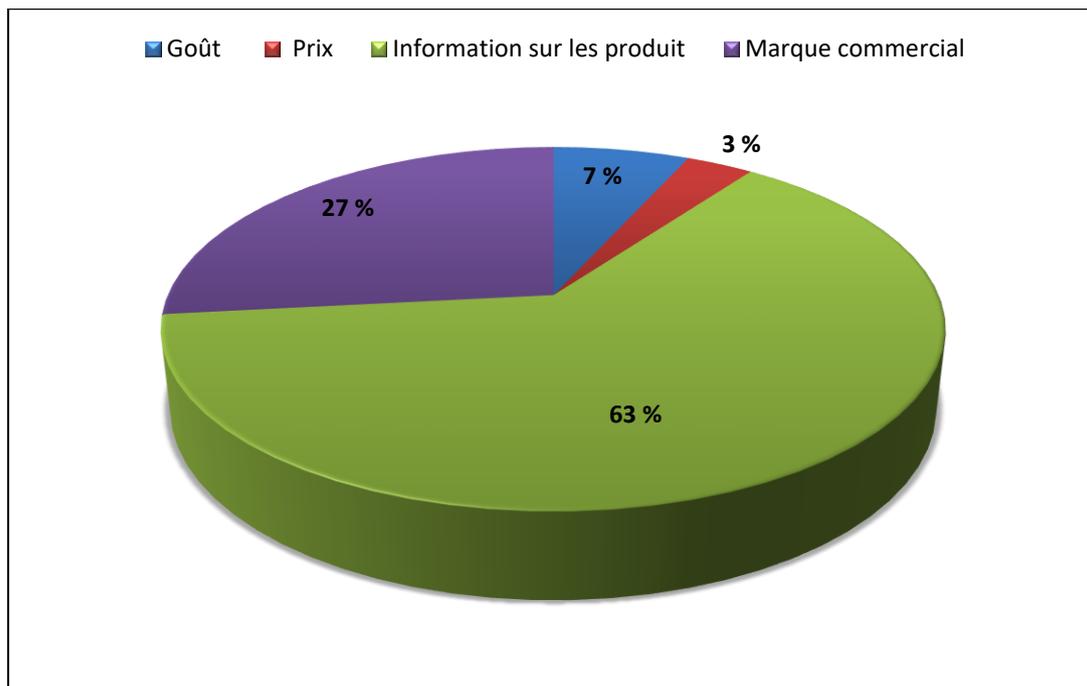


Figure 42 : Répartition des sportifs selon les critères d'achat des compléments alimentaires.

Plus de la moitié (63,3 %) des sportifs consommateurs de CA prétendaient se baser sur le critère informatif dans leur orientation d'achat de ces produits tandis que 26,7 % étaient influencés par la marque commerciale et l'entreprise fabricante. Le goût et le prix figuraient en dernière position comme critère de choix de ces produits avec des pourcentages respectifs de 6,7 et 3,3 %.

II.5 Répartition des groupes de l'étude selon les données biologiques :

II.5.1 L'Hémoglobine glyquée (%) :

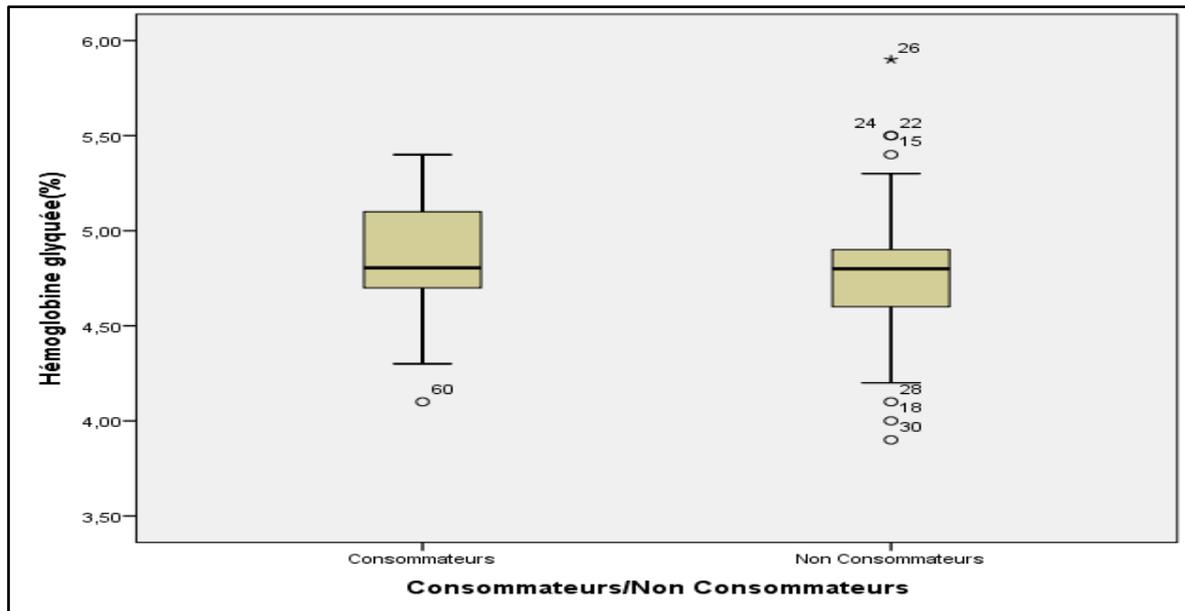


Figure 43 : Comparaison des distributions de l'hémoglobine glyquée dans les deux groupes de l'étude.

Nos résultats ont montré que la moyenne de l'hémoglobine glyquée était de $4,81 \pm 0,29$ % chez les sportifs consommateurs de CA et $4,78 \pm 0,45$ % chez les sujets témoins.

Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes ($P = 0,18$).

II.5.2 La glycémie (g/l) :

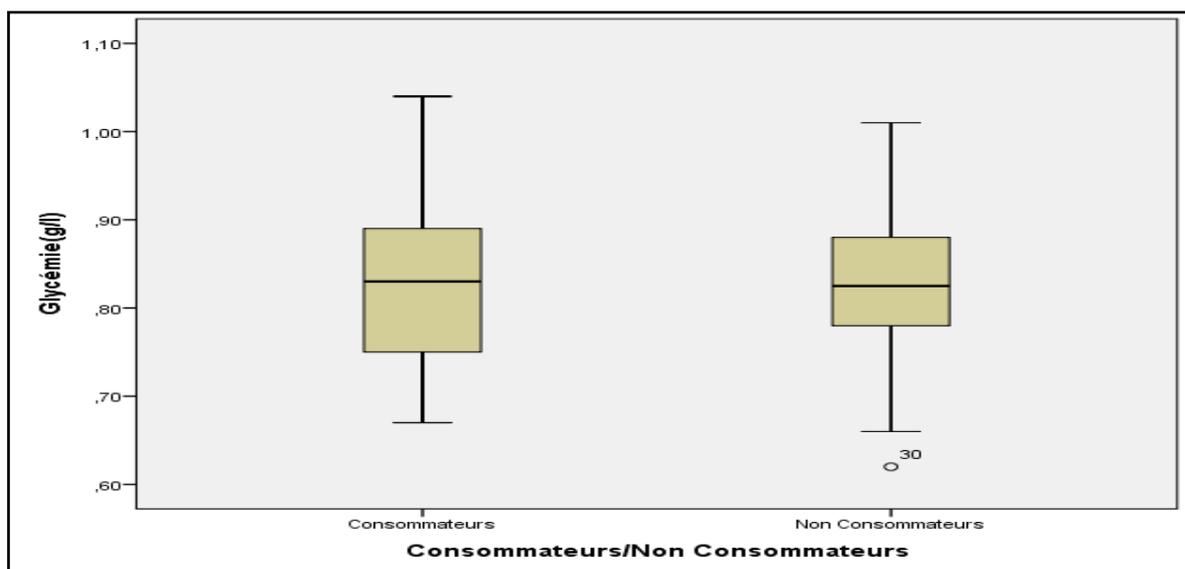


Figure 44 : Comparaison des distributions de la glycémie dans les deux groupes de l'étude.

L'analyse des résultats obtenus a donné une valeur moyenne de la glycémie identique dans les deux groupes de l'étude (0,83 g/l).

Au risque $P < 5\%$, il n'y a pas de différence significative entre les témoins et les sportifs consommateurs de CA.

II.5. 3 Taux plasmatique de la Créatine Phospho-kinase (U/l) :

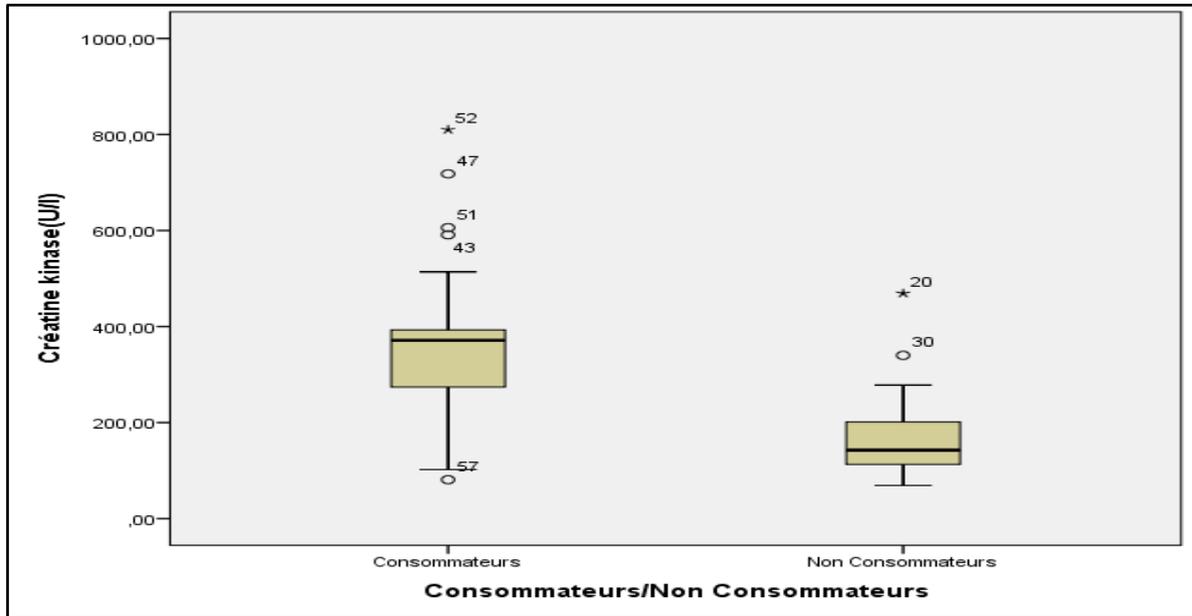


Figure 45 : Comparaison des distributions de la Créatine Phospho-Kinase (CPK) dans les deux groupes de l'étude.

La moyenne de la CPK était de $372,43 \pm 153,9$ U/l chez les athlètes consommateurs de CA contre $164,43 \pm 82,02$ U/l dans le groupe des sportifs témoins.

La différence entre les deux moyennes était statistiquement très significative ($P < 10^{-3}$).

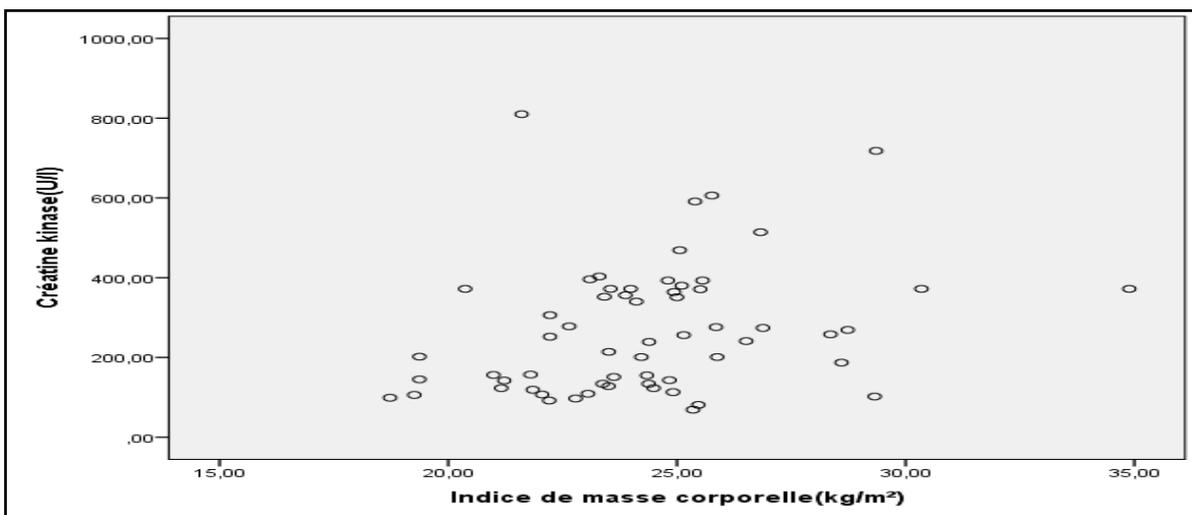


Figure 46 : Nuage à point de la CPK en fonction de l'IMC.

L'analyse de corrélation a montré qu'il existe une faible corrélation positive (coefficient de Pearson = 0,285) significative (P=0,027) entre le CPK et l'IMC.

Tableau 17 : Les corrélations entre la CPK et le profil de l'exercice sportif.

La corrélation :	Coefficient de corrélation	P	P<0.05 = *
CK- Fréquence d'exercice	-0.072	0.583	
CK - Durée d'une séance	-0.091	0.489	
CK- L'intensité de l'exercice	+0.019	0.883	

II.5.4 L'urémie (g/l) :

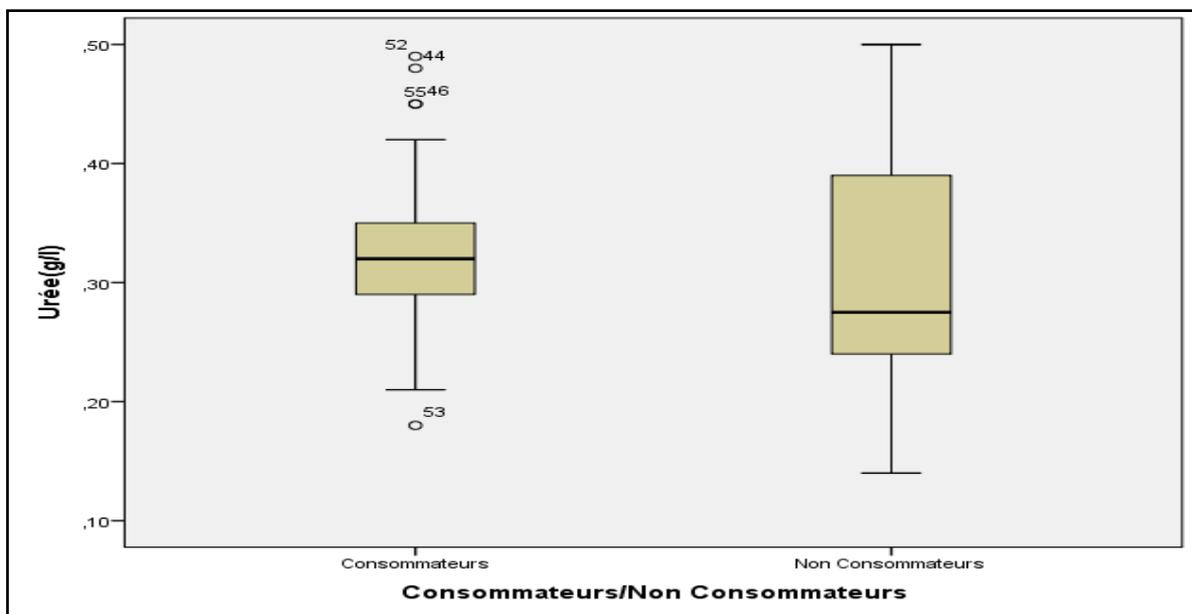


Figure 47 : Comparaison des distributions de l'urémie dans les deux groupes de l'étude.

Les résultats obtenus après l'analyse ont donné une valeur moyenne de l'urémie égale à $0,31 \pm 0,092$ g/l pour les témoins et $0,33 \pm 0,074$ g/l pour les sportifs consommateurs de CA.

Au risque P<5%, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des deux groupes de l'étude (P = 0,33).

II.5.5 La créatininémie (mg/dl) :

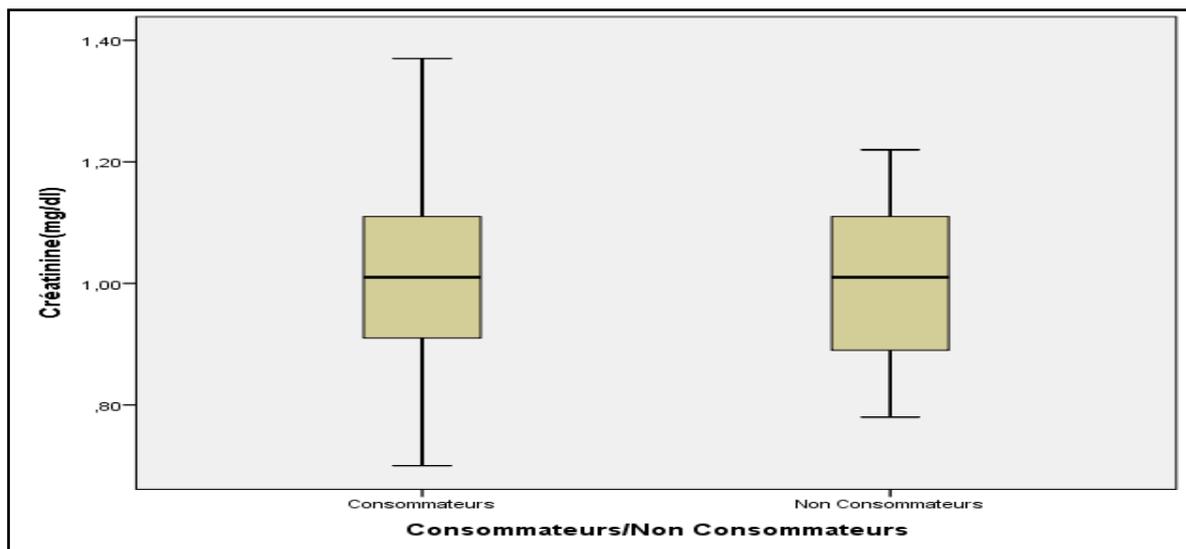


Figure 48 : Comparaison des distributions de la créatininémie dans les deux groupes de l'étude.

Les sujets sportifs témoins avaient une valeur moyenne de la créatininémie de $1 \pm 0,12$ mg/dl contre $1,02 \pm 0,17$ mg/dl chez les athlètes consommateurs de CA.

Aucune différence significative n'a été notée entre les deux groupes de l'étude ($P=0,76$).

II.5.6 La cholestérolémie totale (g/l) :

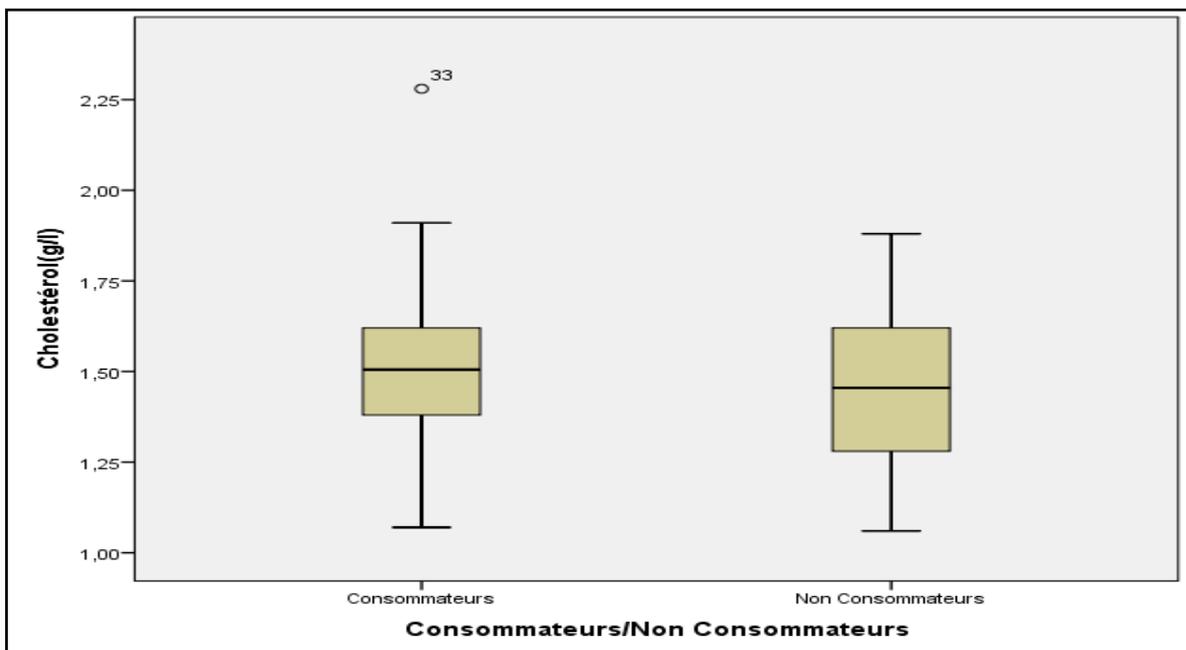


Figure 49 : Comparaison des distributions de la cholestérolémie totale dans les deux groupes de l'étude.

Les témoins avaient un taux moyen de cholestérolémie totale égale à de $1,47 \pm 0,23$ g/l contre $1,53 \pm 0,23$ g/l chez les consommateurs de CA.

Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes ($P = 0,28$).

II.5.7 La triglycéridémie (g/l) :

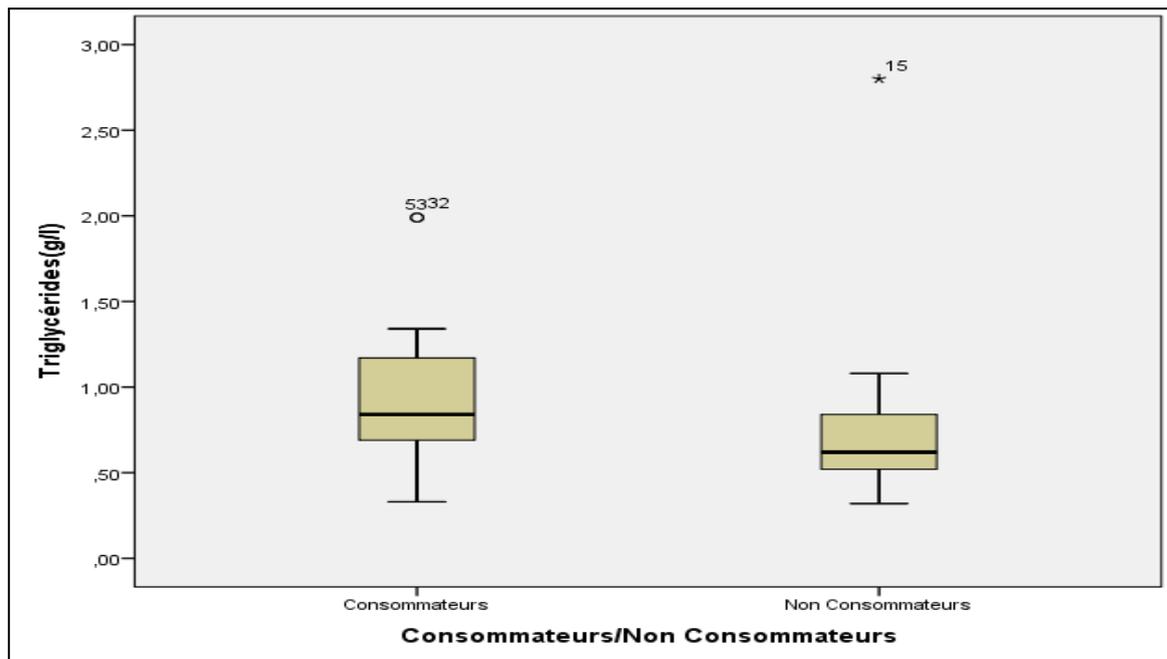


Figure 50 : Comparaison des distributions de la triglycéridémie dans les deux groupes de l'étude.

La moyenne de la triglycéridémie était de $0,72 \pm 0,45$ g/l pour les témoins et $0,945 \pm 0,86$ g/l pour les sportifs consommateurs de CA.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes de l'étude ($P = 0,24$).

II.5.8 L'uricémie (mg/l) :

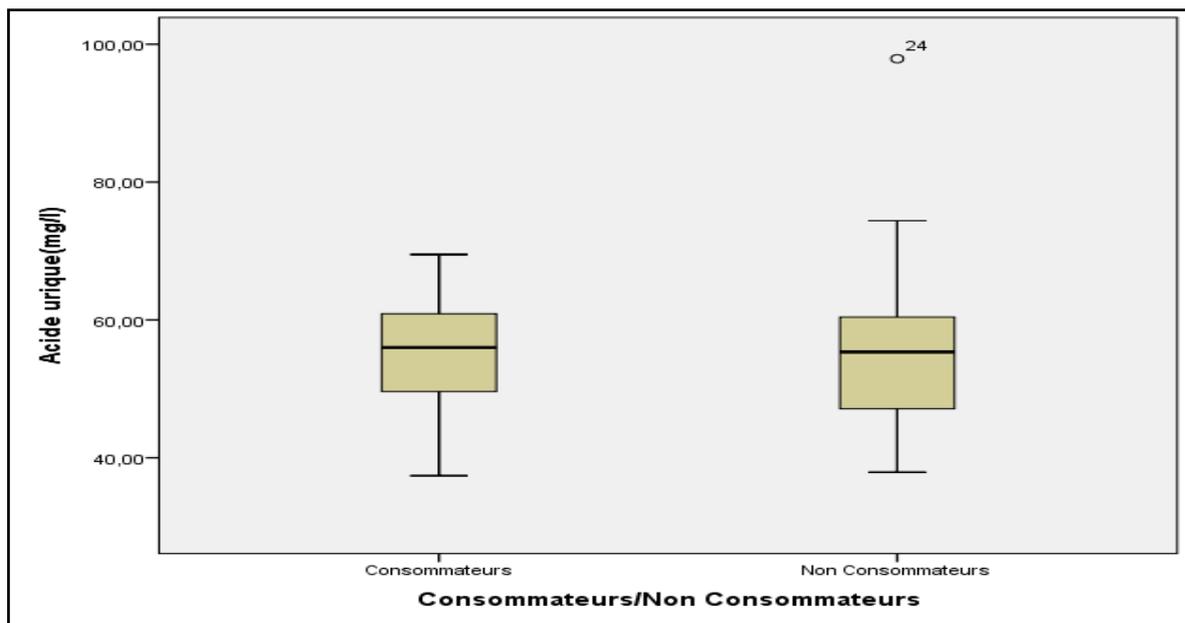


Figure 51 : Comparaison des distributions de l'uricémie dans les deux groupes de l'étude.

L'uricémie moyenne était de : $55,65 \pm 12,06$ mg/l chez les sujets témoins et de $55,25 \pm 7,64$ mg/l chez les sportifs consommateurs de compléments alimentaires.

La différence entre les deux groupes était statistiquement non significative ($P = 0,88$).

II.5.9 Taux plasmatique des aspartate amino transférases (U/l) :

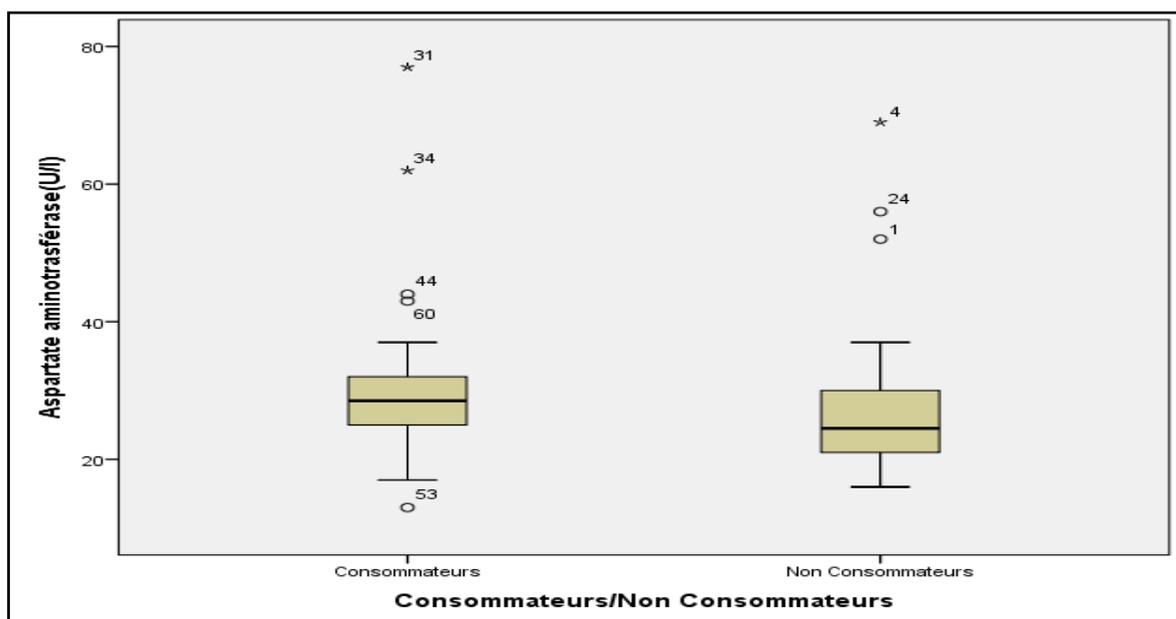


Figure 52 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des ASAT dans les deux groupes de l'étude.

Les résultats montrent que le groupe des témoins avait un taux moyen des ASAT de $27,73 \pm 11,92$ U/l et celui des consommateurs de CA une moyenne de $31,14 \pm 12,62$ U/l.

La différence entre les deux moyennes n'est pas significative ($P = 0,29$).

II.5.10 Taux plasmatique de l'alanine aminotransférases (U/l) :

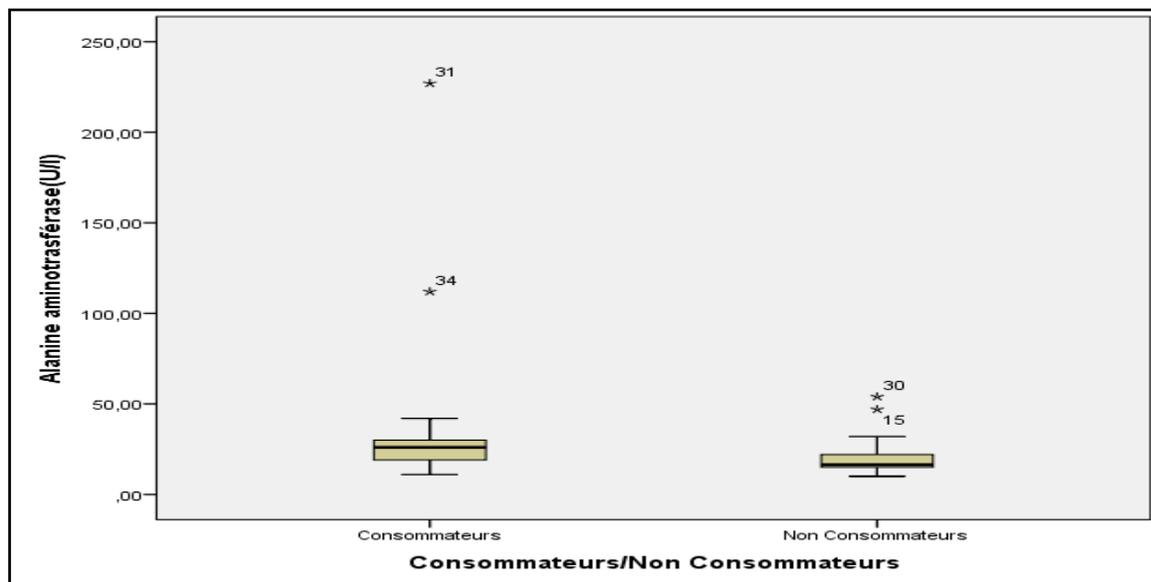


Figure 53 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des ALAT dans les deux groupes de l'étude.

L'analyse des résultats montre que le taux moyen des ALAT chez les témoins était de $20,03 \pm 9,84$ U/l et que les consommateurs de CA avaient une valeur moyenne de $34,46 \pm 40,49$ U/l . La différence entre ces deux moyennes n'est pas significative ($P = 0,06$).

II.5.11 Taux plasmatique des gamma-Glutamyl transférases (U/l) :

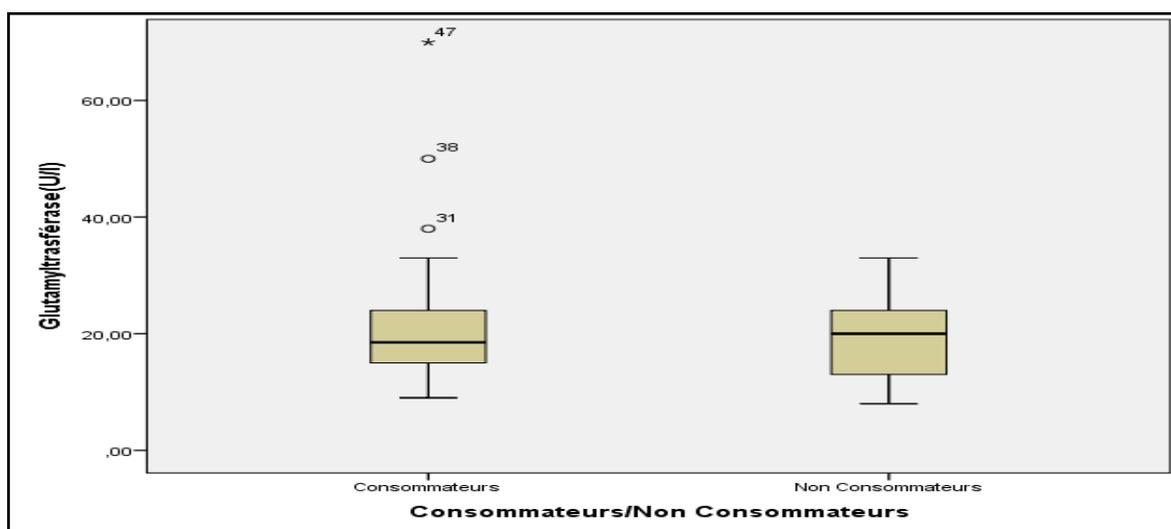


Figure 54 : Comparaison des distributions des taux plasmatiques des γ -GT dans les deux groupes de l'étude.

En considérant les taux plasmatiques des γ -GT, les résultats analysés ont montré que les sujets témoins avaient une moyenne de $18,77 \pm 7,07$ U/l contre $22,38 \pm 12,44$ U/l chez les athlètes consommateurs de CA.

Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes de l'étude ($P = 0,67$).

II.5.12 Le fer sérique ($\mu\text{g/dl}$) :

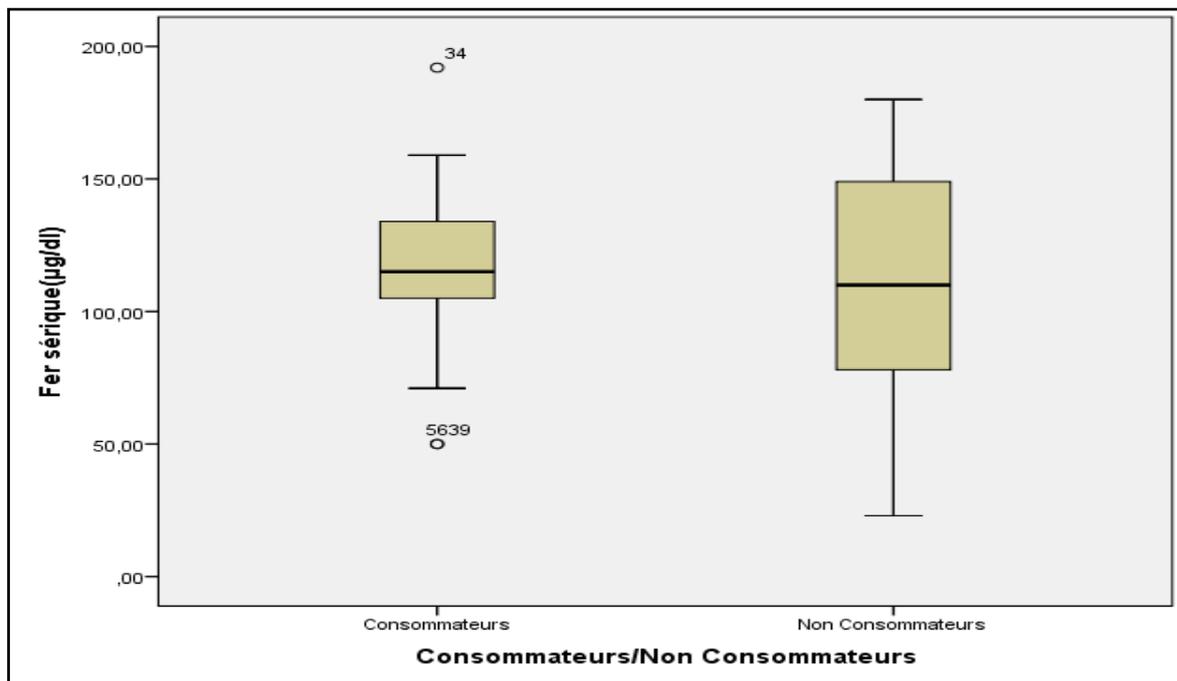


Figure 55 : Comparaison des distributions de la sidérémie dans les deux groupes de l'étude.

Le groupe des sportifs témoins avait un taux moyen du fer sérique égal à $110,87 \pm 42,65$ $\mu\text{g/dl}$ et celui des consommateurs de CA une moyenne de $115,03 \pm 31,22$ $\mu\text{g/dl}$.

Au risque $P < 5\%$, il n'y a pas de différence significative entre les deux moyennes ($P = 0,17$).

II.5.13 L'Albuminémie (g/l) :

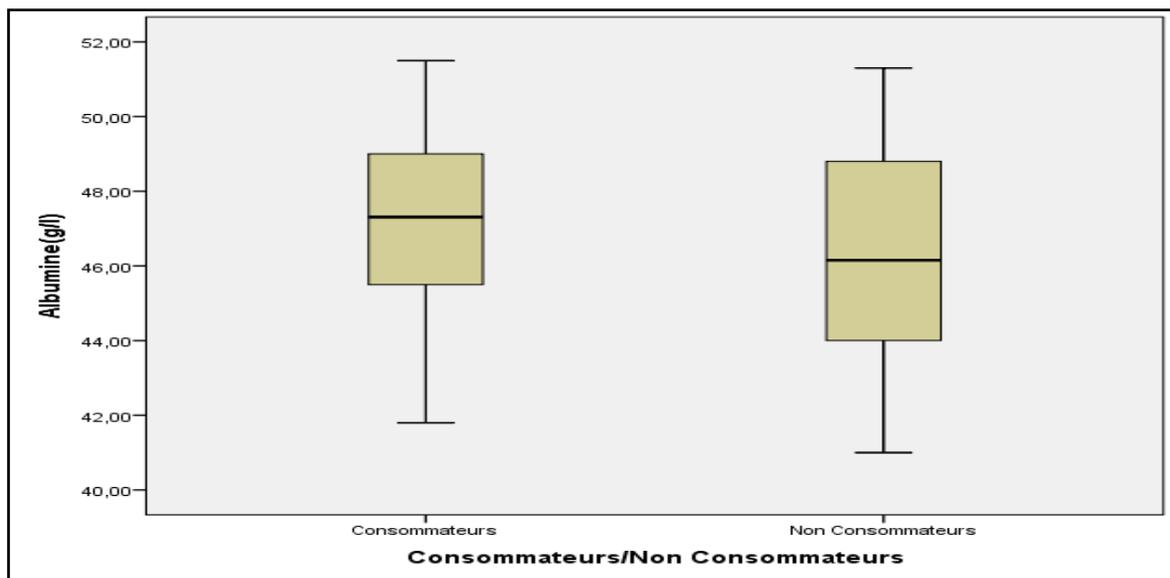


Figure 56 : Comparaison des distributions de l'albuminémie dans les deux groupes de l'étude.

L'albuminémie moyenne des témoins était de $46,36 \pm 2,91$ g/l et celle des sportifs consommateurs de CA de $47,31$ g/l. Aucune différence statistiquement significative n'a été notée entre les deux groupes ($P = 0,17$).

II.5.14 La calcémie (mg/l) :

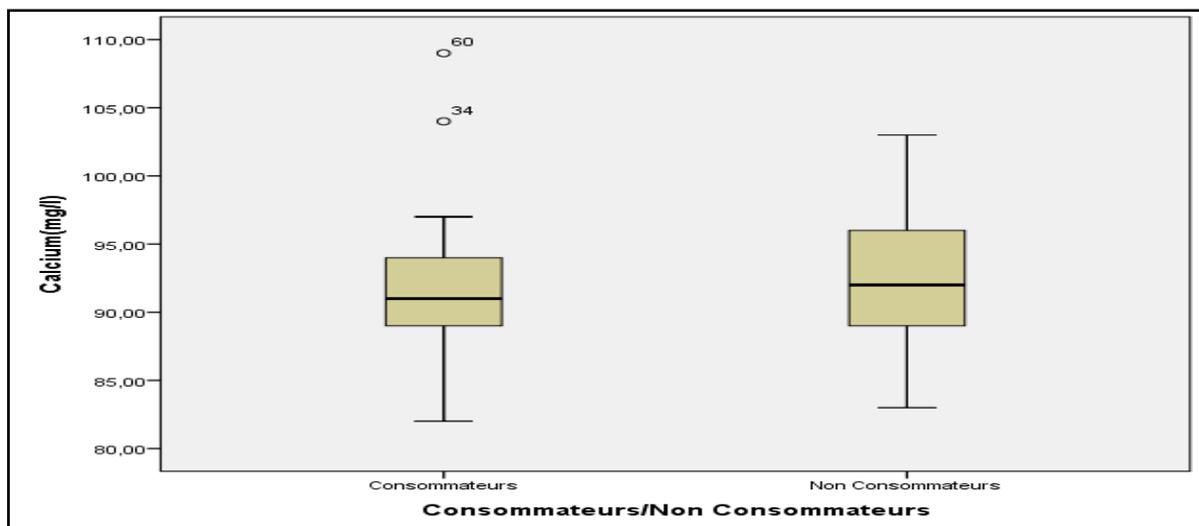


Figure 57 : Comparaison des distributions de la calcémie dans les deux groupes de l'étude.

La moyenne de la calcémie était de $92,27 \pm 4,81$ mg/l chez les sportifs témoins et de $91,82 \pm 5,37$ mg/l chez ceux qui consommaient des CA.

La différence entre les deux valeurs n'est pas significative ($P = 0,74$).

II.5.15 Les protéines plasmatiques totales (g/l) :

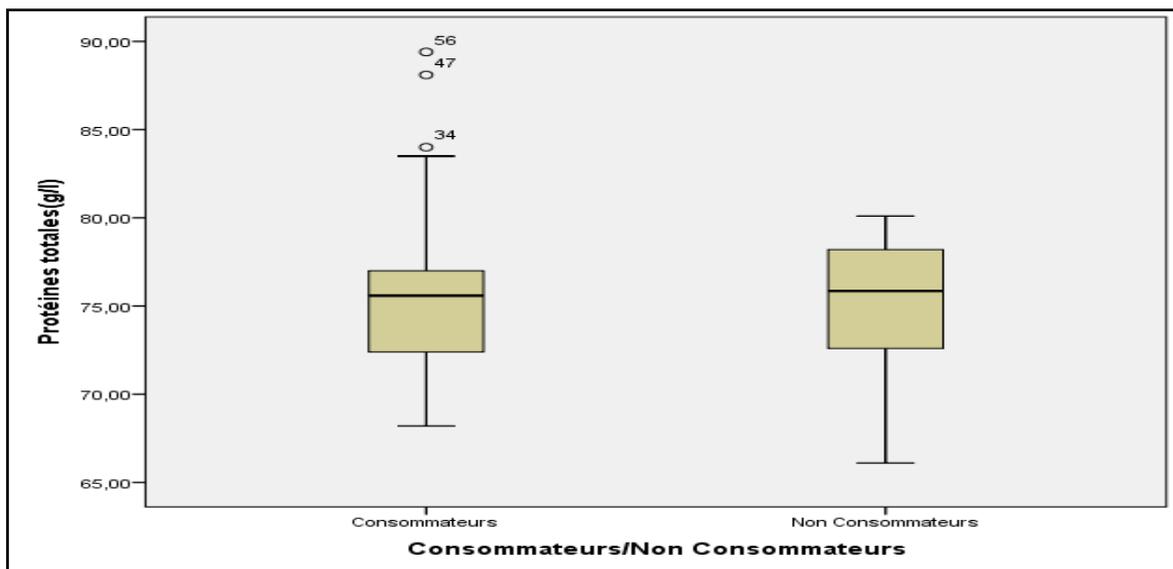


Figure 58 : Comparaison des distributions de la protidémie totale dans les deux groupes de l'étude.

Les taux plasmatiques moyens des protéines totales étaient de $75,13 \pm 3,48$ g/l et $75,69 \pm 5$ g/l chez les sujets témoins et les consommateurs de CA respectivement.

Au risque $P < 5\%$, il n'y a pas de différence significative entre les deux moyennes ($P = 0,62$).

II.5.16 La bilirubinémie directe (mg/dl) :

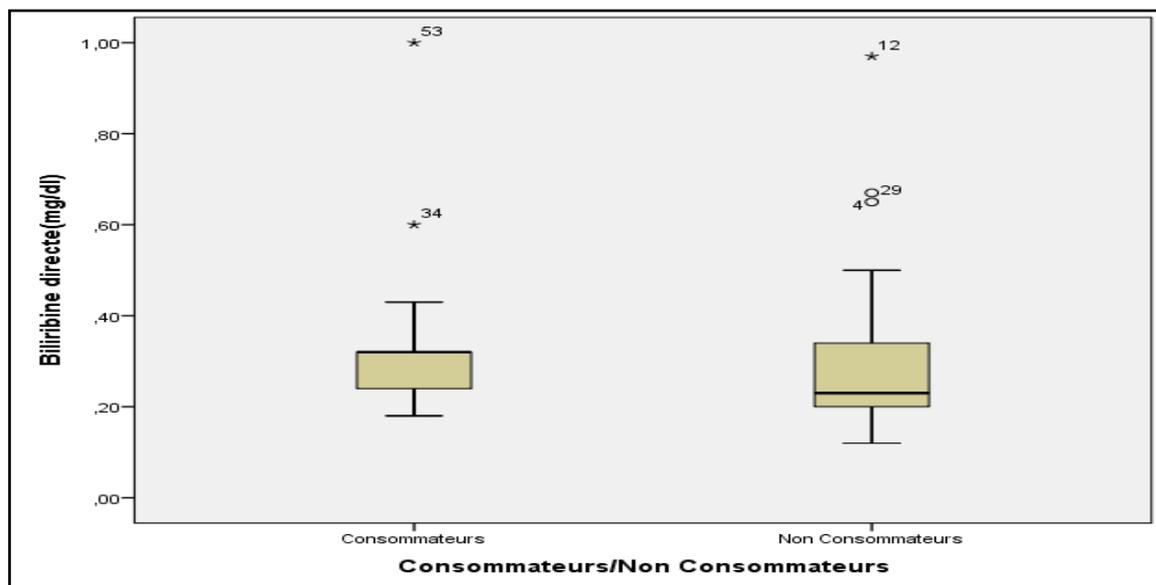


Figure 59 : Comparaison des distributions de la bilirubinémie directe dans les deux groupes de l'étude.

Les sportifs témoins avaient un taux moyen de bilirubinémie directe de $0,31 \pm 0,19$ mg/dl contre $0,32 \pm 0,15$ mg/dl chez les sujets consommateurs de CA.

Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes ($P = 0,76$).

II.5.17 La bilirubinémie totale (mg/dl) :

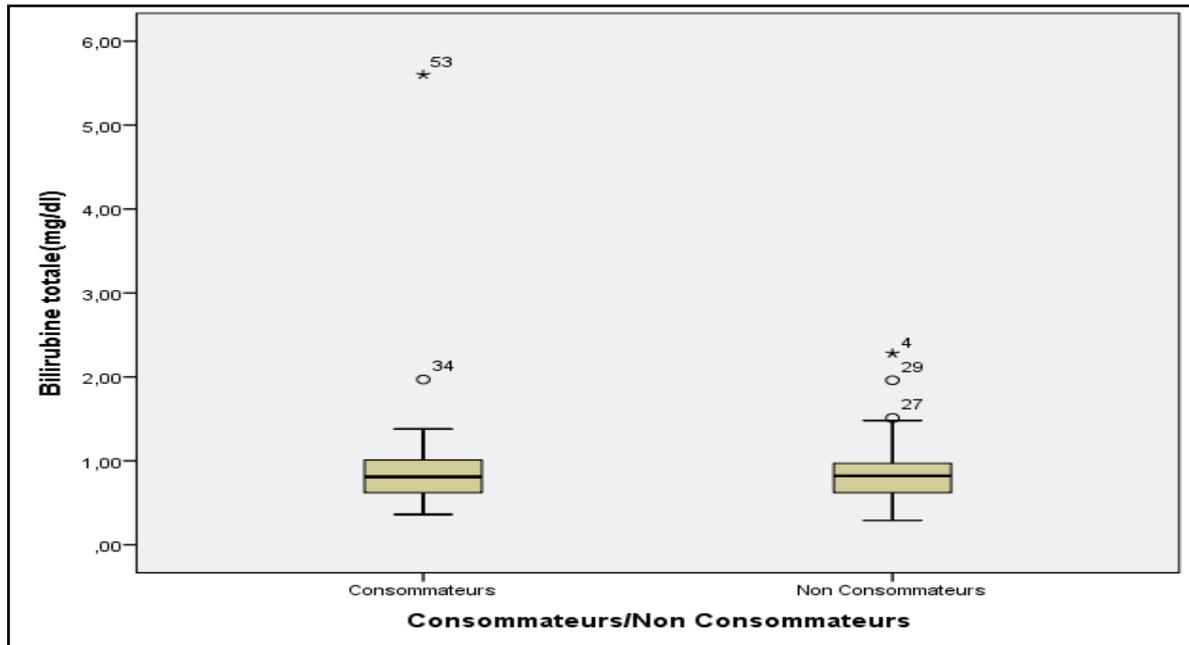


Figure 60 : Comparaison des distributions de la bilirubinémie totale dans les deux groupes de l'étude.

L'analyse des résultats obtenus a donné une valeur moyenne pour la bilirubinémie totale de $0,91 \pm 0,45$ mg/dl et $1 \pm 0,93$ mg/dl chez les sportifs témoins et les consommateurs de CA respectivement.

La différence entre les deux moyennes est statistiquement non significative ($P = 0,62$).

**Partie II : Étude du marché des compléments alimentaires
à usage sportif au niveau de la wilaya de Tlemcen**

II.6 Les marques commerciales des compléments alimentaires à usage sportif dans le marché de la wilaya de Tlemcen :

Après avoir visité le maximum des boutiques spécialisées dans la vente des compléments alimentaires à usage sportif, situées dans la wilaya de Tlemcen, l'inventaire des produits vendus a révélé l'existence de 32 marques commerciales sur le marché des compléments alimentaires. Ces différentes marques commerciales sont exposées dans le tableau ci-dessous (**Tableau 18**).

Tableau 18 : Les différentes marques des compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la Wilaya de Tlemcen.

Les marques	Nationalités	Certificats		
		ISO	HACCP	GMP
Dymatize®	USA	+		+
Muscle Tech®	USA	+		+
Optimum Nutrition®	USA		+	
Biotech®	Hongrie	+	+	+
Amix®	France			
Olimp Nutrition®	Polonais	+	+	+
Scitec Nutrition®	Royaume-Uni	+	+	+
Reflex Nutrition®	Royaume-Uni	+		
Premium Nutrition®	USA	+	+	+
USN®	Sud Afrique	+	+	+
Nuclear Nutrition®	USA			
KIVIN LEVRONE®	USA	+	+	
FA®	Royaume-Uni			
Pepto Pro®	Royaume-Uni	+	+	+
Ultimate Nutrition®	USA	+	+	+
Scivation®	USA	+	+	+
Blade Sport®	France			
German Forge®	Allemagne			
Real Pharm®	Royaume-Uni			
Activ Lab Sport®	Allemagne	+	+	+
Big Beast®	USA		+	+
Vito Best®	Espagne	+	+	+
Neoproline®	Espagne	+	+	+
Big Man®	Espagne			
Empro Nutrition®	Espagne		+	
BSN®	USA	+	+	
Perfect®	USA		+	
Nurtex®	Suisse			
Cellucor®	USA	+	+	+
Quamtrax®	Espagne	+	+	+

Aptonia®	France	+	+	+
Pharma frist®	USA	+	+	+

(+) : la marque a la certification mentionnée.

II.6.1 Distribution des différentes marques commerciales selon leurs pays d'origine :

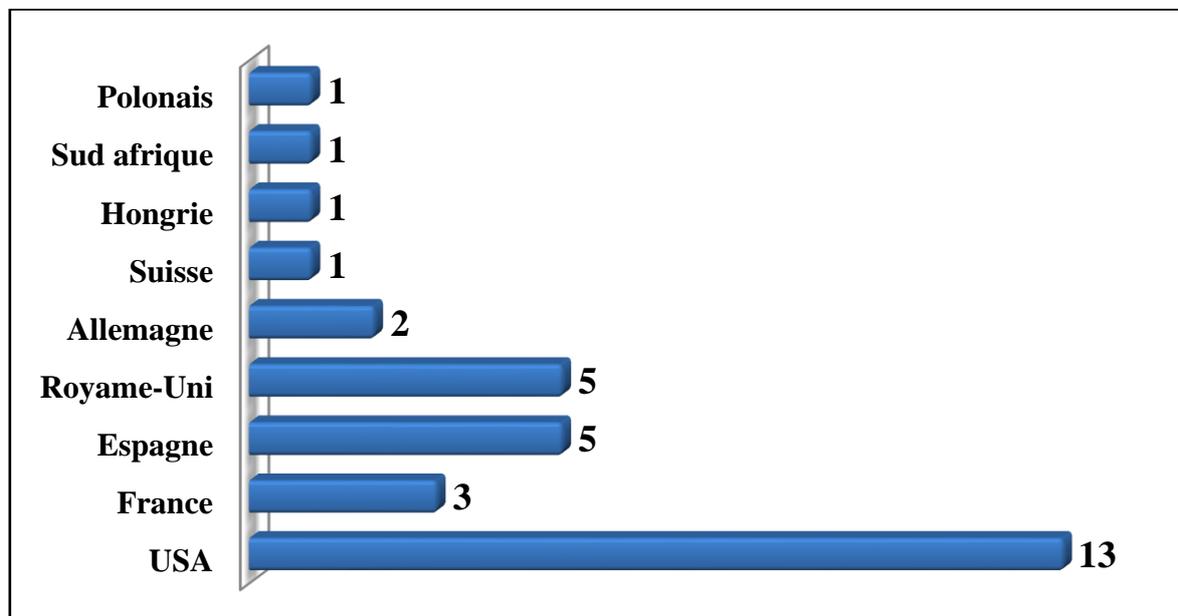


Figure 61 : Distribution des différentes marques commerciales selon leurs pays d'origine.

L'analyse des résultats a montré que la majorité des marques commerciales trouvées dans le marché de la Wilaya de Tlemcen durant la période de l'étude ont comme pays d'origine les États Unis (13 marques). Le reste des marques proviennent des pays Européens ; l'Espagne et Royaume-Uni sont en tête par un nombre de 5 marques pour chacun des deux.

II.6.2 Distribution des différentes marques commerciales selon leur certification :

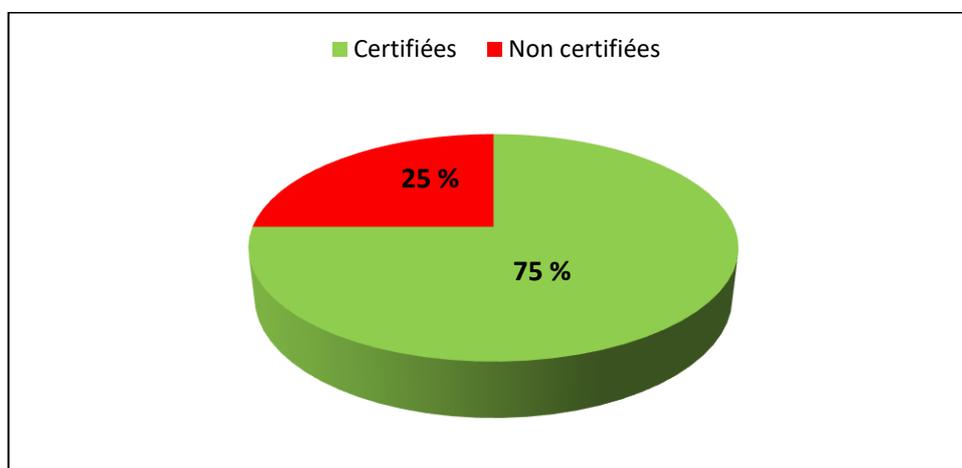


Figure 62 : Le pourcentage des marques commerciales certifiées.

Parmi les 32 marques des compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen durant la période de l'étude, 25 % (8 marques) ne sont pas certifiées.

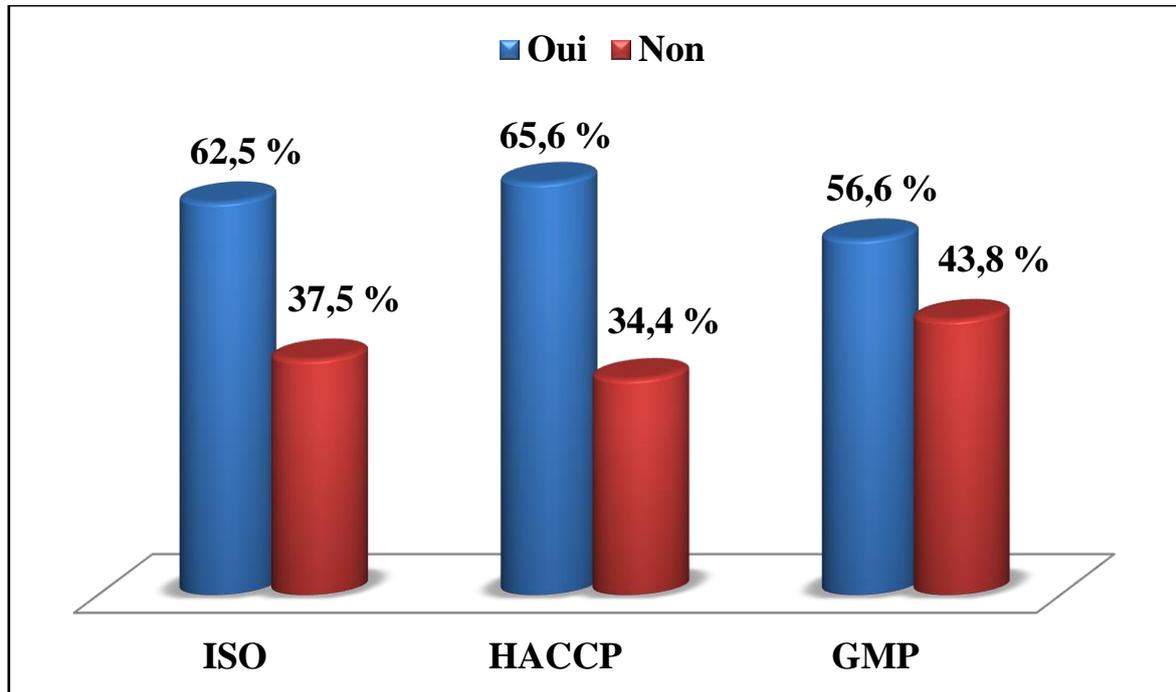


Figure 63 : Distribution des différentes marques commerciales selon leur certification.

D'après les résultats, nous avons remarqué que la plus part des marques commerciales disponibles dans le marché durant la période de notre étude ont trois certificats (ISO, HACCP, GMP) avec des pourcentages de 62,5 %, 65,6 % et 56,6 % respectivement.

II.7 Les compléments alimentaires à usage sportif dans le marché de la wilaya de Tlemcen : -composition et aspect réglementaire-

Durant la période de notre étude, nous avons trouvé que 82 compléments alimentaires de marques différentes sont disponibles dans le marché de la wilaya de Tlemcen.

Nous avons effectué la lecture de l'étiquetage de ces compléments alimentaires et nous avons tracé ainsi les tableaux ci-dessous (**Tableau 21**, **Tableau 22**) en classant les composants des CA en trois catégories : les substances utilisées en tant que des CA par elles même, celles utilisées comme additifs alimentaires et celles considérées comme produits dopants.

II.7.1 Les substances utilisées en tant que compléments alimentaires :

Tableau 19 : L'aspect réglementaire des substances utilisées en tant que compléments alimentaires.

La classe	La substance	DGCCRF
Les protéines et les acides aminés	La Whey (protéine de lactosérum)	Autorisée
	La caséine	Autorisée
	Les acides aminés essentiels	Autorisés
	BCAA (acide aminés à chaîne ramifiée)	Autorisés
	Glutamine	Autorisée
	Arginine	Autorisée
	Ornithine	Autorisée
	β-alanine	Autorisée
Autres substances à but nutritionnel ou physiologique	α-cétoglutarate	Autorisé
	Taurine	Autorisée
	Caféine	Autorisée
	Créatine	Autorisée
	Carnitine	Autorisée
	Glucosamine	Autorisée
	Choline	Autorisée
	Oméga 3	Autorisé
Plantes	Acide oléique	Autorisé
	Ginseng	Autorisé
	Rhodiol	Autorisée
	Thé	Autorisé
	<i>Vitis vinifera</i>	Autorisée
	<i>Piper nigrum</i>	Autorisée
	<i>Phyllanthus emblica</i>	Autorisée
	<i>Cucurbita pepo</i>	Autorisée
Prébiotiques	Saccharomyces cérévisia	Autorisée
Vitamines	Vitamine C	Autorisée
	Vitamine E	Autorisée
	Vitamines B (B1 ,B2, B6 ,B9 ,B12)	Autorisée
Minéraux	Zinc	Autorisé
	Magnesium	Autorisé
	Calcium	Autorisé
	phosphore	Autorisé
	Sodium	Autorisé
	Potassium	Autorisé

DGCCRF : Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (France).

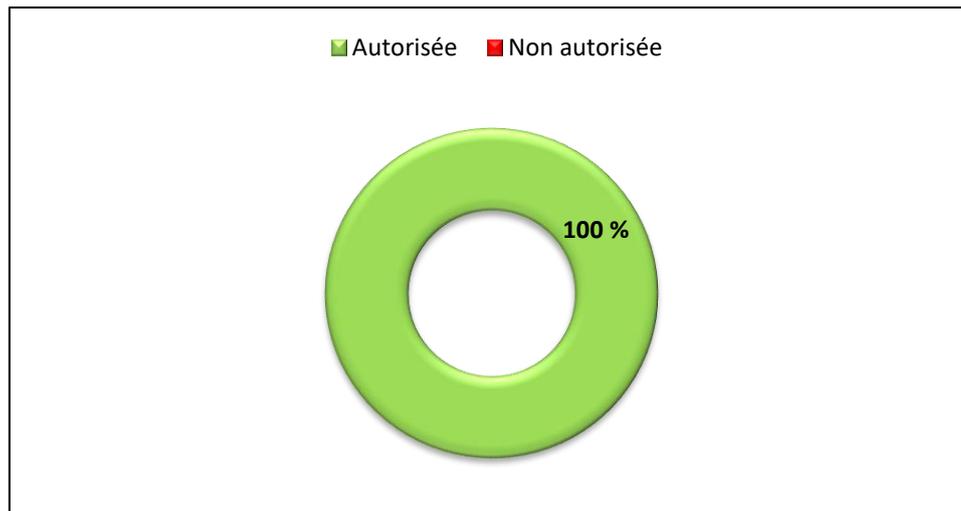


Figure 64 : Le statut réglementaire des substances utilisées en tant que CA.

Après vérification de la liste des substances utilisées en tant que compléments alimentaires établie par la DGCCRF, nous avons trouvé que toutes les substances sont autorisées.

La même autorité DGCCRF a établi des restrictions spécifiques concernant les teneurs maximales à ne pas dépasser dans un complément alimentaire.

A- La caféine :

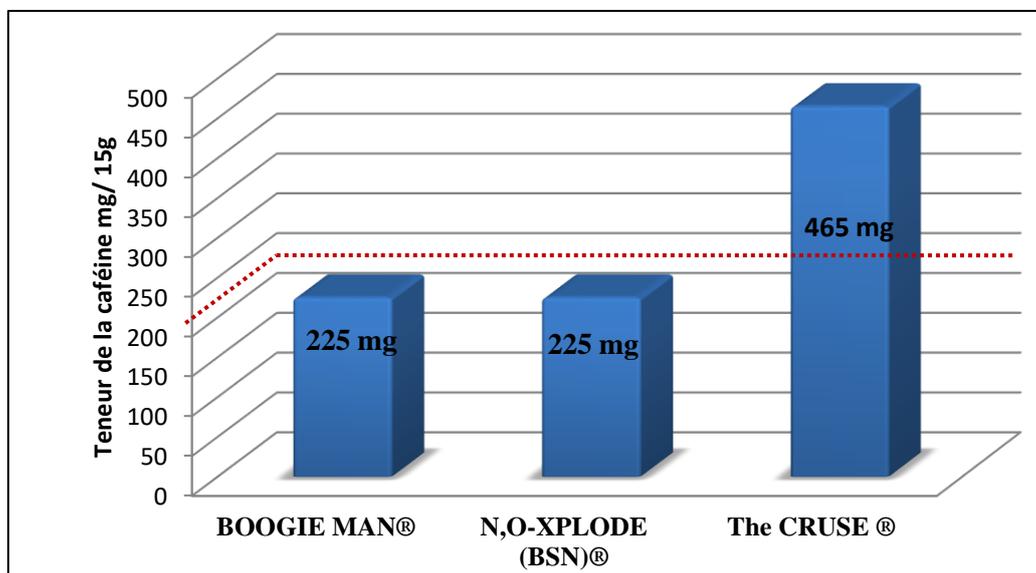


Figure 65 : La quantité de caféine présente dans les compléments alimentaires caféinés commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen (mg/15g).

Pour la caféine, la quantité présente dans la portion journalière recommandée ne doit pas dépasser 200 mg. L'analyse des étiquetages a révélé trois marques contenant la caféine.

Les fabricants mentionnent dans les étiquetages « à ne pas excéder 3 scoops par 24 h » (3 scoop =15 g).

B- La créatine :

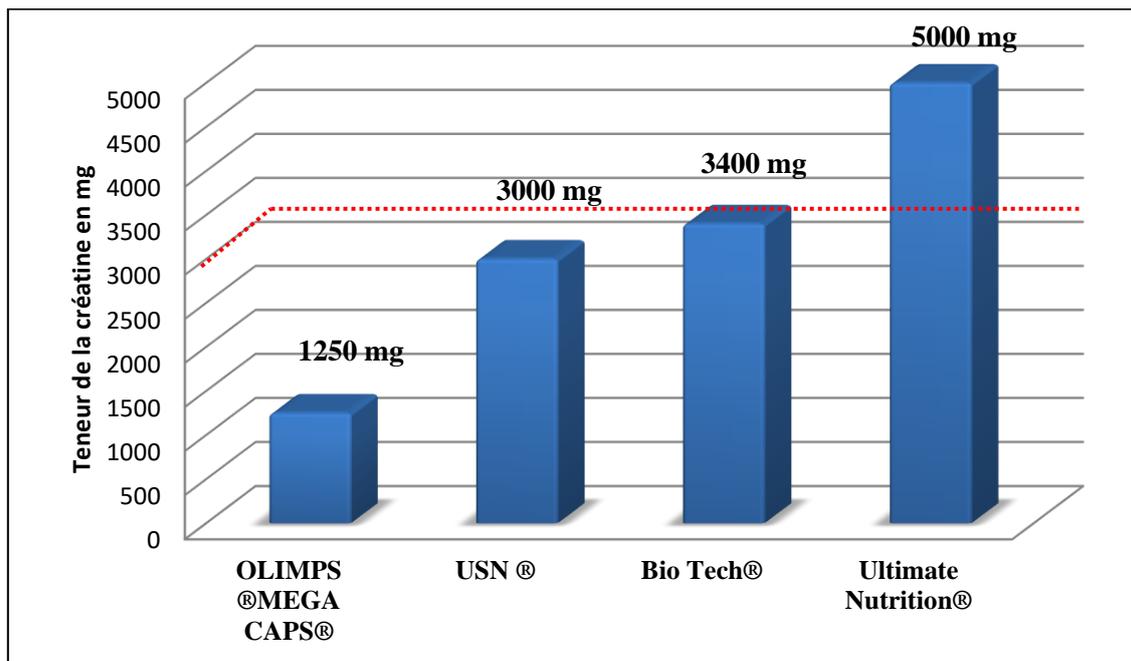


Figure 66 : La quantité de créatine présente dans les compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen (mg/15g).

Pour la créatine, la quantité présente dans la portion journalière recommandée ne doit pas dépasser 3000 mg. L'analyse des étiquetages a révélé que quatre marques commerciales contiennent la créatine.

La forme galénique de la marque OLIMPS® est une gélule de 1250 mg, les marques USN® et Bio Tech® sont des poudres avec les doses de 3000 mg et 3400 mg respectivement. Alors qu'Ultimate Nutrition® présente la créatine sous forme des tablettes de 5000 mg.

II.7.2 Les substances utilisées en tant qu'additifs alimentaires :

Tableau 20 : L'aspect réglementaire des substances utilisées en tant qu'additifs alimentaires.

La classe	Le nom	E	Évaluation selon EFSA	Règlementation Algérienne
Colorants	Caramel	E150	Acceptable	Autorisé
	Rouge de betterave	E162	Acceptable	Autorisé
	Curcumine	E100	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisée
	β-carotène	E160	Acceptable	Autorisée
	Bleu brillant	E133	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
	Rouge cochenille	E124	À éviter	Autorisé
	Dioxyde de titane	E171	Peu recommandable	Autorisé
	Jaune orangé S	E110	À éviter	Interdit
	Dioxyde silicone	E551	Tolérable, vigilance pour certaine population	Interdit
Édulcorants	Acésulfame	E950	Peu recommandable	Autorisé
	Cyclamate de sodium	E952	Peu recommandable	Interdit
	Stéviol glycoside	E960	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
	Sucralose	E955	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
Épaississants	Gomme Xanthane	E415	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisée
	Carraghénane	E407	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
	Gomme Cellulose	E466	Peu recommandable	Autorisée
	Gélatine	E441	-	Autorisée
	Gomme guar	E412	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisée
	Polyéthylène glycol	E1521	Acceptable	Autorisé
Émulsifiants	Lécithine	E322	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisée
	Glycérol	E422	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
Antioxydants	Acide ascorbique	E300	Acceptable	Autorisé
	Acide tartrique	E334	Acceptable	Autorisé
Enzymes	Papaïne	E1101	-	Autorisée

	Protéase	E1101	-	Autorisée
	Lactase	-	-	Interdite
	Amylase	E1100	-	Autorisée
	Cellulase	-	-	Interdite
	Lipase	E1104	-	Autorisée
Régulateurs d'acidité	Acide citrique	E330	Tolérable, vigilance pour certaine population	Autorisé
	Acide malique	E296	Acceptable	Autorisé
Aromes	Vanille	-	-	
	Crème cacao	-	-	

EFSA : *European Food Safety Authority* (Autorité Européenne de sécurité des aliments).

(-) : non inscrit dans la liste

Le **tableau 20** représente l'aspect réglementaire de quelques substances utilisées en tant qu'additifs alimentaires dans la fabrication des CA selon la liste établie par les autorités algériennes.

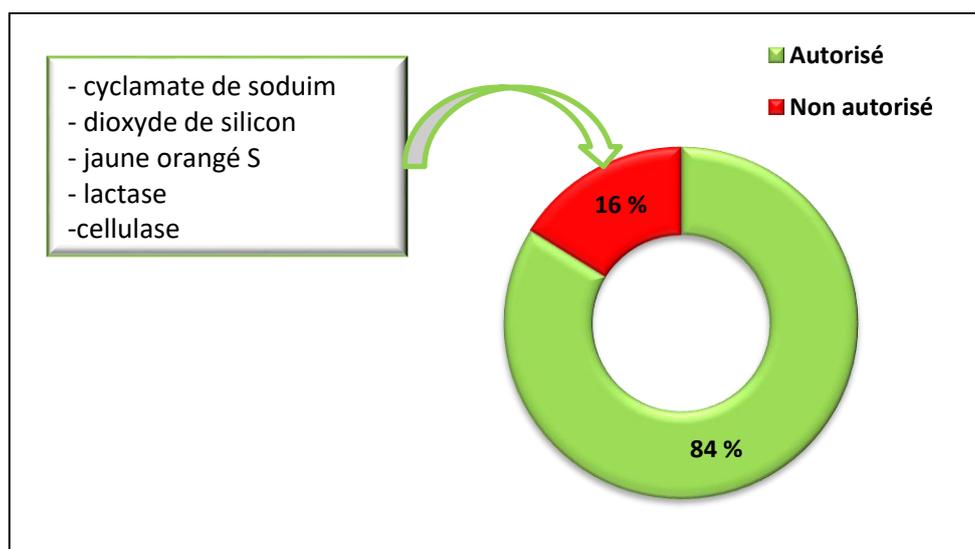


Figure 67 : Répartition des additifs alimentaires utilisés dans la fabrication des CA selon la réglementation Algérienne.

Après vérification de la liste des additifs alimentaires autorisés, établie par les autorités algériennes, nous avons trouvé que cinq (5) parmi les substances utilisées en tant qu'additif alimentaire dans la fabrication des CA commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen ne sont pas inscrites dans cette liste et qui sont : Cyclamate de sodium, Dioxyde de silicone, Jaune orangé S, Lactase et Cellulase.

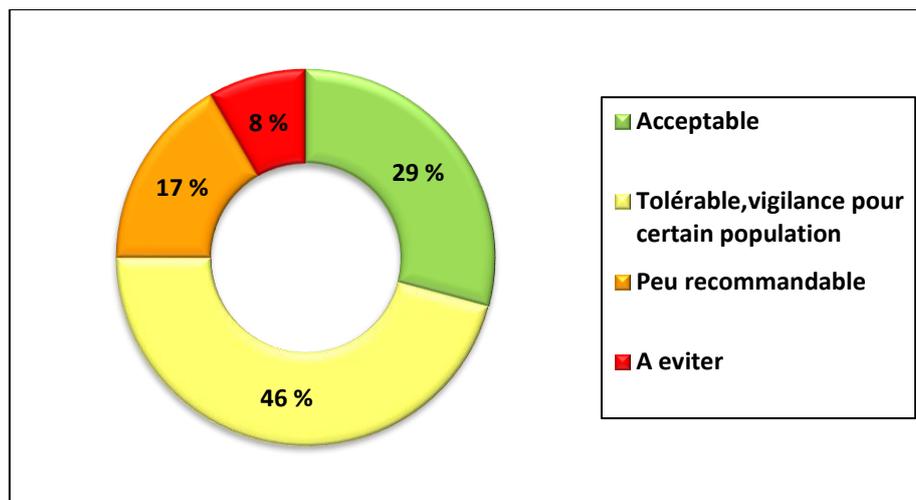
La toxicité des additifs alimentaires selon les autorités Européennes :

Figure 68 : La toxicité des additifs alimentaires selon la réglementation Européenne.

Selon le degré de la toxicité des additifs alimentaires, les autorités Européennes ont établi 4 classes qui sont les suivantes : acceptable, tolérable avec vigilance pour certaine population, peu recommandé et à éviter.

L'analyse a montré que parmi les 33 additifs alimentaires vérifiés, 46 % sont tolérables, 29 % acceptables, 17 % peu recommandés et le reste avec un pourcentage de 8 % sont à éviter (le jaune orangé S et le rouge cochenille).

II.7.3 Les substances utilisées en tant que produits dopants :

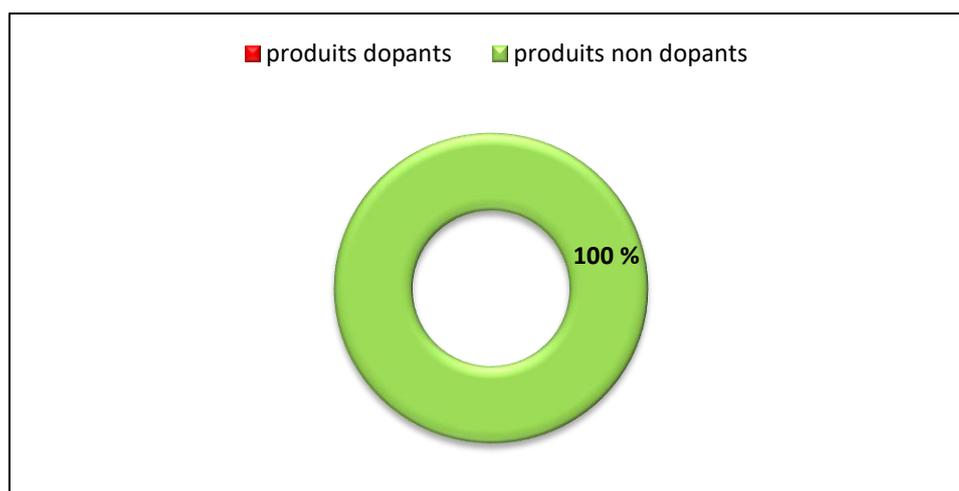


Figure 69 : Répartition des CA selon la présence ou l'absence de produits dopants.

Parmi les ingrédients mentionnés dans les étiquettes des 82 compléments alimentaires commercialisés dans le marché étudié, aucune substance n'est positive dans la liste des interdictions tenues à jour par l'Agence Mondiale Antidopage (AMA).

III. Discussion

Partie I : Étude descriptive des effets des compléments alimentaires à usage sportif sur les paramètres biologiques sanguins des sujets consommateurs

Les deux groupes de notre étude étaient comparables selon l'âge et le sexe. La moyenne d'âge était de $26,37 \pm 5,69$ ans et la tranche d'âge la plus représentée était celle de 18 à 28 ans avec un pourcentage de 80 % ; ceci montre que nous sommes en présence d'une population très jeune et cela peut s'expliquer par le fait que les jeunes sont les plus attirés par cette discipline sportive.

En tenant compte du niveau d'instruction, la majorité des sujets participant à notre étude étaient des universitaires (73,3 % dans le groupe des sportifs consommateurs de CA et 90 % dans celui des témoins) qui ont un bagage culturel et connaissent bien l'importance du sport dans la vie quotidienne comme un facteur améliorant la capacité fonctionnelle des différentes parties du corps, ainsi que des effets positifs sur les aspects psychologiques et sociaux de leurs praticiens. Le sport est considéré comme un moyen, vis-à-vis de la jeunesse, de socialiser, canaliser l'agressivité et développer l'estime de soi...**(303)**.

Concernant l'activité professionnelle, la plupart des sportifs inclus dans notre étude (86,7 % des témoins et 46,7 % des sportifs consommateurs de CA) étaient sans profession. Ceci peut être lié à l'âge très jeune de ces sujets qui sont en majorité des universitaires qui n'ont pas encore obtenu leurs diplômes ou qui viennent juste de terminer leurs études. Une lecture critique des chiffres statistiques produits par l'Office national des statistiques et les enquêtes annuelles périodiques sur l'emploi, montrent que la catégorie des jeunes âgés entre 16 et 24 ans représentent toujours le maillon faible du champ de l'employabilité et de l'accès au marché du travail **(304)**.

Pour ce qui est de la situation matrimoniale, le taux de célibat était très élevé dans les deux groupes de l'étude (86,7 % chez les sportifs consommateurs de CA et 100 % chez les témoins). Ce constat peut être expliqué d'une part par l'âge jeune des sujets de l'étude ($26,37 \pm 5,69$ ans) et d'autre part par l'absence d'activité professionnelle et donc de moyens financiers, ce qui n'est pas en faveur du mariage. Notre résultat concorde avec celui de nombreuses études qui ont montré que la moyenne d'âge du mariage en Algérie est de -presque- 30 ans chez les femmes et 33 ans chez les hommes **(305)**.

Dans notre étude, nous avons noté que la moyenne de l'IMC des sportifs consommateurs de CA était significativement plus élevée que celle des sujets témoins ($25,58 > 23,04 \text{ kg/m}^2$, $P < 10^{-3}$). Notre résultat peut affirmer ceux trouvés par des études antérieures qui conclurent que les compléments alimentaires à base de protéines ont un effet positif sur le poids (**306, 307**). En utilisant la classification de l'OMS, la moyenne de l'IMC des sportifs consommateurs de CA ($25,58 \pm 2,95$) est interprétée comme « surpoids » et 6,7 % d'entre eux sont considérés comme étant obèses, mais ils ne le sont pas en vérité. Donc, l'IMC reste un paramètre insuffisant pour évaluer la corpulence des athlètes. L'usage de cet outil comporte toutefois un certain nombre de défauts qui tiennent pour une grande part à la manière dont cet indice a été construit et qui conditionnent aujourd'hui la manière dont est mesurée la corpulence. Il ne faut pas ainsi oublier par exemple que l'IMC ne reflète pas la distribution de la masse grasse dans le corps ou ne permet pas de tenir compte de la différence entre masse grasse et muscle, ce qui est essentiel aussi bien en termes de santé que d'apparence. Les seuils de l'OMS habituellement utilisés ont aussi des limites : ils sont par exemple les mêmes pour les hommes et pour les femmes ou pour les différents âges, ce qui ne devrait pas être le cas si on voulait être précis scientifiquement. Le développement de l'utilisation de l'IMC comme instrument de diagnostic pose la question de l'utilisation à un niveau individuel de ces normes qui à l'origine étaient purement statistiques, et leur influence sur les représentations que se font aujourd'hui les personnes de leur corpulence (**308**).

Concernant les habitudes toxiques, le tabagisme n'était représenté que chez 13,3 % des athlètes consommateurs de CA et 6,7 % des sportifs témoins seulement. À ce titre, de nombreuses études ont montré que le sport est considéré comme une alternative à la consommation du tabac et les produits psychoactifs. Pourtant, depuis quelques années, les acteurs du terrain comme les experts en santé publique admettent qu'à l'adolescence, la pratique sportive pourrait encourager l'usage de telles substances et être associée à des comportements violents. Ainsi que la pratique en compétition pourrait induire un stress favorisant l'usage du tabac ou du cannabis à des fins anxiolytiques (**309**).

L'ANSES signale dans ses recommandations que les compléments alimentaires sont déconseillés chez les sujets présentant des facteurs de risque cardiovasculaire, souffrant d'une cardiopathie, d'une altération de la fonction rénale ou hépatique ou encore des troubles neuropsychiatriques. D'autre part, plusieurs études ont montré que la consommation des compléments alimentaires pourrait aggraver une pathologie infra-clinique (**310**). Dans notre étude, nous avons observé que 83,3 % des athlètes consommateurs de CA commençaient la

supplémentation sans aucun accompagnement médical. Ceci est dû au fait que la majorité de ces sujets achètent ces produits des magasins de sport et de diététique où les distributeurs ne sont généralement pas des professionnels de santé et n'ayant pas bénéficié d'une formation spécialisée leurs permettant d'apporter les conseils diététiques de base, vérifier que la consommation des CA est opportune et ne comporte pas de risque et sensibiliser les clients à la bonne utilisation desdits produits. Tout ça potentialise les risques liés à l'usage de ces produits.

Concernant les données sportives, trois à quatre séances par semaine représentait la fréquence majoritaire d'entraînement chez notre population d'étude. Dans le domaine de la musculation le sportif doit savoir qu'il n'y a pas de fréquence magique, celle-ci va évoluer au fil du temps, du niveau sportif et en fonction du programme choisi. La définition de la fréquence d'entraînement doit prendre en compte l'intensité du programme pour un muscle spécifique, le nombre de séries et de répétitions exercées mais aussi la fatigue globale de tous les entraînements cumulés (311).

L'enquête a révélé que 43,3 % des sportifs consommateurs de compléments alimentaires et 46,7 % des témoins exerçaient d'autres activités sportives parallèlement à la musculation. Ceci peut être dû au fait que pour un certain nombre de sportifs, la musculation ne peut être considérée comme un sport à part entière et elle ne trouve son intérêt que si elle est associée à un autre sport. À l'heure actuelle, et depuis plusieurs décennies les sportifs de toutes les disciplines ont compris que la musculation est devenue un passage obligatoire en vue d'améliorer leurs performances. En effet, la pratique de la musculation en parallèle leur permet de travailler sur des renforcements musculaires et sur les groupes musculaires qui sont peu ou moins sollicités que ceux liés à leurs spécificités. Cela a pour but de garder un équilibre dans les masses musculaires ce qui permet de limiter les pathologies et les traumatismes. Pour d'autres sportifs la musculation constitue une véritable discipline sportive. Dès lors que l'objectif va être une amélioration de ses performances, une recherche de transformation de son physique ou encore la compétition, le pratiquant n'est plus un simple pratiquant et la musculation devient une discipline à part entière que l'on appelle l'haltérophilie ou encore le culturisme. En fonction du but recherché par le sportif, la musculation se voudra soit un complément idéal dans la recherche d'amélioration de la performance dans une discipline soit une véritable discipline (312).

En ce qui concerne l'alimentation des sportifs inclus dans notre étude, l'apport protéique journalier dépassait l'apport nutritionnel recommandé pour un sportif (1,2 g/kg/j) chez 65,8 % des sujets consommateurs de CA et 57,4 % des témoins. Il est clair que l'alimentation du sportif doit couvrir les besoins liés aux grandes dépenses d'énergie et apporter tous les nutriments dont l'organisme a besoin pour performer et récupérer. Les conséquences d'une mauvaise alimentation peuvent être multiples : baisse de la performance, manque d'énergie, mauvaise récupération, risque de blessures et d'hypoglycémie, etc (313). Les chiffres élevés observés dans notre étude peuvent donc être expliqués par l'intensité forte des exercices ainsi que les pertes qui poussent ces athlètes à avoir un régime spécifique riche en protéines permettant ainsi une meilleure récupération et palier ces pertes.

L'enquête auprès des sportifs témoins participants à notre étude, a révélé que plus de la moitié de ces sujets (63 %) ne consommaient pas des CA à cause de leurs prix cher. Exemple : trois kilogramme de la whey protéine est à peu près le SMIC d'un Algérien. Cette raison concorde avec les données précédentes relatives à l'activité professionnelle des sportifs témoins dont 86,7 % parmi eux étaient sans emploi.

Dans le groupe des athlètes consommateurs de CA, la prise du poids représentait la principale raison de la supplémentation avec un pourcentage de 46,7 %. À un pourcentage aussi important (43,3 %), la consommation de CA était attribuée à plusieurs raisons simultanément (prise de poids, récupération, souhait de compléter un régime carencé...). Lorsque le sportif souhaite prendre du muscle, il procède généralement à une phase de prise de masse. Cette dernière se caractérise par une alimentation hypercalorique permettant de construire du muscle. En parallèle, les compléments alimentaires l'aident à atteindre cet objectif plus rapidement. En apportant des nutriments essentiels à son organisme, ses séances d'entraînement deviennent plus efficaces et sa récupération s'en trouve simplifiée. En même temps ces CA servent à compléter son régime quand il est pauvre en éléments nutritifs essentiels ou quand il n'est pas suffisant par rapport aux exercices pratiqués (314).

Concernant les motivations de consommation des compléments alimentaires, la majorité des sportifs inclus dans notre étude consommaient ces produits par leur propre initiative (66,7 %), vient en deuxième position le conseil d'un proche (16,7 %), celui de l'entraîneur (9,9 %) puis en dernier rang la publicité qui était la moins impliquée (6,7 %). Nos résultats sont comparables en partie à ceux obtenus dans l'étude de Mlle Fatima Zohra Jamal qui a porté sur la consommation de tous les types des compléments alimentaires au Maroc durant l'année

2015. Les résultats de cette étude ont montré que la consommation des CA se fait souvent en auto-prise avec un pourcentage de (61,4 %). Cette constatation va dans le sens d'une volonté de se prendre seul, et d'avoir un impact sur sa propre santé. Le conseil d'un proche était présent chez 18,9 % des participants interrogés et la publicité motivait 4,6 % de ces sujets pour utiliser les CA. Dans cette même étude 41,7 % des sujets consommaient des compléments alimentaires suite à un conseil médical (308). Ce dernier était absent dans notre étude et ça peut être expliqué par le fait que seul 3 % des CA consommés par les sportifs étaient achetés de la pharmacie contrairement à la précédente étude où 91 % des CA étaient vendus en pharmacie ce qui offre à ces sujets la possibilité de bénéficier d'un conseil et d'un encadrement médical.

Les résultats de notre étude montrent que les compléments alimentaires à usage sportif sortent du monopole du pharmacien. La pharmacie était le lieu d'achat le moins visité par ces sportifs. Les boutiques spécialisés représentaient la source d'achat majoritaire pourtant le conseil du pharmacien est assez précieux. L'ANSES recommande aux consommateurs d'être attentifs à l'adéquation de ces compléments alimentaires avec leur statut nutritionnel, leur état de santé et les objectifs visés. De ce fait, un conseil personnalisé par un professionnel de santé, le cas échéant en lien avec l'entraîneur ou le préparateur physique, au regard des périodes et des charges d'entraînement, est indispensable. Afin d'assurer un dialogue interdisciplinaire efficace, il est important que les professionnels de santé bénéficient d'une solide formation initiale et continue en matière de nutrition, et en particulier de nutrition du sportif (315).

Nous avons remarqué que soixante trois pour cent (63 %) des sportifs consommateurs de CA se basaient dans leur choix sur des informations relatives à ces produits disponibles sur les sites d'internet. Alors que ces informations rentrent dans la politique commerciale publicitaire des entreprises et qui manquent de la fiabilité scientifique. Le cas de la publicité mensongère qui trompe le consommateur et l'incite à acheter des produits qui ne sont pas conformes à ses attentes. Elle abuse alors de la confiance des gens et de leur naïveté. Elle utilise souvent des techniques de manipulation de l'esprit. Elle ne s'adresse pas toujours à la raison, mais aux désirs des consommateurs. Son but ultime est de vendre des produits, de nourrir la passion de la consommation, même lorsque la cible n'a pas besoin des produits vantés. Donc la prudence est assez nécessaire devant ces sources d'information (316).

Concernant les données biologiques, le dosage de l'hémoglobine glyquée a révélé que les deux groupes de sportifs « consommateurs de CA » et « non consommateurs » avaient, respectivement, un taux moyen de 4,81 % et 4,78 % ($P > 0,05$). Ces valeurs sont dans les normes ($< 6\%$).

Une étude réalisée en 2010 par TS Chruch et al au Etat Unis (Luisiane) sur 262 diabétiques de type 2 a montré que l'activité physique abaisse de 0,34 % le taux de l'HbA_{1c} ($P = 0,03$) **(317)**. Concernant l'effet de la supplémentation, une étude Indienne faite par Ganesh N. Dakhale, Harshal V. Chaudhari et Meena Shrivastava en 2011 trouve que l'association de la vitamine C avec la Metformine diminue le taux de l'HbA_{1c} significativement ($P < 0,05$) contrairement à la Metformine seule ($P > 0,05$). Le mécanisme exact par lequel la vitamine C provoque ces changements n'est pas connu. Il est bien documenté qu'il existe une production accrue de radicaux libres nocifs chez les patients atteints de diabète de type 2. L'auto-oxydation du glucose, la glycosylation des protéines, la formation de produits finis de la glycation et la voie des polyols sont impliqués dans la génération du stress oxydatif, impliqué dans l'origine des deux types de diabète sucré. La protection contre de tels dommages peut être offerte par des antioxydants éliminant les radicaux libres c'est le cas de la vit C. Des concentrations élevées mais physiologiques d'acide ascorbique peuvent directement inhiber l'aldose réductase des érythrocytes et justifier l'utilisation de suppléments de vitamine C par voie orale dans le traitement du diabète **(318)**.

Une autre étude réalisée par Daren A. Scroggie, Allison Albright, Mark D. Harris, en juillet 2003 démontre que la supplémentation en glucosamine par voie orale ne provoque pas de modifications cliniquement significatives de l'HbA_{1c}. Aucun patient n'a signalé d'effets indésirables du traitement à la glucosamine et aucun patient n'a eu de changement dans la gestion de son diabète. Les concentrations moyennes en hémoglobine HbA_{1c} n'étaient pas significativement différentes entre les groupes ni avant ni après le traitement par la glucosamine. Cette étude démontre que la supplémentation orale en glucosamine n'entraîne pas de modification cliniquement significative du métabolisme du glucose ($P = 0,20$) **(319)**.

Le dosage du glucose du sang a donné une valeur moyenne de la glycémie identique dans les deux groupes de l'étude (0,83 g/l) et qui se trouve dans la fourchette des normes [0,7-1,1 g/l]. Ce paramètre est fondamental pour le sportif. Il peut varier au cours de la journée avant et après l'exercice et en fonction de la nutrition. Une hypoglycémie limite sévèrement les capacités de l'athlète.

Une étude antérieure montre qu'une supplémentation en cystéine abaisse la glycémie et l'hémoglobine glyquée chez les rats diabétiques en empêchant l'activation de NFκB (NF-κB pour nuclear factor-kappa B est une protéine de la super-famille des facteurs de transcription impliquée dans la réponse immunitaire et la réponse au stress cellulaire). Il s'agit du premier rapport montrant que la supplémentation en L-cystéine peut réduire la glycémie et les marqueurs de l'inflammation vasculaire chez les diabétiques (320, 321).

En ce qui concerne le taux plasmatique de la CPK totale, nous avons constaté une différence statistiquement très significative ($P < 10^{-3}$) entre les deux groupes de l'étude. La moyenne était de 164,43 U/l chez les témoins, elle se situait dans l'intervalle des normes. Alors que chez les sportifs consommateurs de CA, la valeur moyenne de la CPK totale était de 372,43 U/l ce qui dépasse les valeurs normales [26-308 U/l].

Les niveaux de créatine kinase totaux dépendent de l'activité physique. Des valeurs élevées de CK plasmatique chez des sujets apparemment en bonne santé peuvent être corrélées au statut d'entraînement physique, car l'exercice intense endommage les cellules du muscle squelettique entraînant une augmentation des taux de la CK plasmatique totale (322). L'élévation de la concentration de CK peut aller jusqu'à 50 % de sa valeur avec un retour à la normale dans les 3 jours qui suivent l'effort. À l'inverse, la CK peut diminuer chez un sujet dont la masse musculaire est faible : personnes âgées ou alitées, états cachectiques et dans certaines pathologies invalidantes. Donc la concentration de cette enzyme est proportionnelle à la masse musculaire (323).

Les résultats de notre étude concordent avec ces données puisqu'une corrélation positive et statistiquement significative a été notée entre les taux plasmatiques de la CPK et l'IMC des sportifs inclus dans notre étude (coefficient de Pearson = 0,285, $P = 0.027$).

Comme nous avons trouvé une différence significative entre l'IMC des deux groupes de l'étude, nous ne pouvons pas lier absolument la différence trouvée entre les taux de la CPK à la consommation de compléments alimentaires seule.

Une étude chinoise réalisée en 2005 par Cheng-Chen Hsu, Min-Chen Ho, Li-Chin Lin et Mei-Chieh Hsu a montré qu'une supplémentation à base de ginseng américain réduit les fuites de CK pendant l'exercice. La réduction de la CK plasmatique peut être due au fait que le ginseng américain est efficace pour la réduction des dommages de la membrane des cellules du muscle squelettique, induits par l'exercice (320).

Dans notre étude, l'exploration du bilan rénal a objectivé une urémie normale chez les deux groupes de l'étude avec des moyennes de 0,33 g/l et 0,31 g/l chez les sportifs consommateurs de CA et les témoins respectivement ($P = 0,33$). Quant à lui, le dosage de la créatininémie a donné une valeur moyenne de 1 mg/dl chez sportifs témoins et 1,02 mg/dl chez les sujets consommateurs de CA. Ces deux valeurs sont situées dans l'intervalle des normes [0,50-1,30 mg/dl].

L'usage des compléments alimentaires tels que les vitamines, minéraux, oligo-éléments, protéines, acides aminés et les produits de la phytothérapie est prévalent non seulement chez les sportifs mais également dans la population générale, afin de renforcer l'état de santé ou prévenir certaines maladies. Considérés comme des produits naturels, non nocifs, ils sont facilement accessibles hors prescription médicale. Pourtant, ces CA peuvent être néphrotoxiques, en particulier chez les sujets atteints d'une maladie rénale chronique (MRC) éventuellement ignorée. Notamment, les herbes chinoises à base d'acide aristolochique, la vitamine C à haute dose, la créatine et les CA hyperprotéinés peuvent entraîner une insuffisance rénale aiguë ou chronique, parfois irréversible (324).

Une étude a montré qu'un apport élevé en protéines n'était pas associé à un déclin de la fonction rénale chez les sujets dont la fonction rénale était initialement normale. Cependant, un apport protéique total élevé peut accélérer le déclin de la fonction rénale chez les patients présentant une insuffisance rénale légère (325). Une autre étude montre que la réduction de l'apport protéique chez les patients souffrant d'insuffisance rénale chronique réduit d'environ 40 % la survenue de la mortalité rénale par rapport à un apport protéique plus important ou sans restriction (326). Une troisième étude a montré également que la prise de fortes doses de créatine ne provoque pas de dysfonctionnement rénal chez les hommes en bonne santé (327).

L'exploration du bilan lipidique chez les sportifs de notre étude a révélé un profil lipidique normal dans les deux groupes de l'étude avec des valeurs de cholestérolémie égales à 1,47 g/l et 1,53 g/l ($P = 0,28$), et de triglycéridémie de 0,72 g/l et 0,94 g/l ($P = 0,24$) chez les sujets témoins et les athlètes consommateurs de CA respectivement. Une étude réalisée en 2007 par Sushil K.Jain, Justin L Rains et Jennifer L.Croad a constaté qu'une supplémentation par la vitamine B3 et le chrome réduit le taux du cholestérol et des triglycérides chez les rats diabétiques (328). Une autre étude réalisée par Yongsoon Park et William S .Harris en 2002 a montré que la prise des acides gras oméga 3 augmente la clairance des TG chylomicrons (329).

Ajoutant qu'une autre étude faite par J. Ferrière en 2004 montre le bienfait de la pratique sportive sur le bilan lipidique par la baisse des triglycérides totaux et élévation des taux du HDL-Cholestérol **(330)**.

L'uricémie moyenne était de 55,65 mg/l chez les sujets témoins et 55,25 mg/l chez les sportifs consommateurs de compléments alimentaires ce qui est inclus dans la fourchette normale [25-70 mg/l]. La différence entre ces deux moyennes est statistiquement non significative ($P = 0,88$). L'acide urique permet la détection de l'hyperuricémie, très fréquente chez le sportif de haut niveau. Il peut prévenir les blessures musculaires, articulaires et tendineuses. Il est aussi le reflet de l'alimentation du sportif, notamment en cas de supplémentation hyperprotéique. Le taux varie aussi en fonction d'une possible déshydratation.

Une méta-analyse de 2082 études randomisées contrôlée réalisée par Stephen P. Jurashek, Edgar R. Miller publiée en 2011 a montré qu'une supplémentation par la vitamine C réduit significativement le taux de l'acide urique sanguin **(331)**. Dans notre étude, le pourcentage des participants qui prenaient les multivitamines était très faible (6 %).

Concernant l'effet du sport sur la variation du taux sanguin de l'acide urique, une étude faite par Green HJ, Fraser IG en 1988 a trouvé que l'intensité de l'exercice physique stimule l'élévation de l'acide urique dans le sang **(332)**.

Les taux sanguins moyens des marqueurs de la lyse hépatocellulaire ASAT, ALAT et γ -GT étaient plus élevés chez sportifs consommateurs de CA comparés aux sportifs témoins mais cette différence reste non significative : ASAT (31,14 U/l > 27,73 U/l, $P = 0,29$), ALAT (34,46 U/l > 20,03 U/l, $P = 0,06$), γ -GT (22,38 U/l > 18,77 U/l, $P = 0,67$). Plusieurs études ont montré l'intérêt de la supplémentation par les BCAA et le Zinc chez les patients atteints d'une pathologie hépatique telle que la cirrhose et l'hépatite alcoolique, cette supplémentation améliore la synthèse protéique par le foie **(333, 334)**.

Une étude publiée en 2007 par *British Journal of Clinical Pharmacology* a trouvé que l'exercice physique peut entraîner une élévation transitoire des tests de la fonction hépatique **(335)**. Donc ces enzymes peuvent objectiver le surentraînement et doivent entraîner une phase de repos. Leur élévation est prédictive de blessures graves.

Les taux moyens de la sidérémie des deux groupes de l'étude étaient dans les normes. La sidérémie moyenne des sportifs consommateurs de CA était supérieure à celle des témoins ($115,03 \mu\text{g/dl} > 110,87 \mu\text{g/l}$) mais la différence entre ces deux moyennes n'était pas significative ($P > 0,05$). La discipline sportive paraît avoir un impact sur le statut martial ; dans les sports d'endurance l'incidence de la carence en fer reste élevée, alors que dans les sports de force le statut martial est normal **(336)**.

À son tour, la calcémie moyenne était dans les normes chez les deux groupes de l'étude et sans différence significative entre les deux moyennes.

Il est bien connu que la vitamine D est nécessaire à la santé optimale des os, des recherches récentes suggèrent que la vitamine D pourrait améliorer la fonction musculaire, d'autre part les athlètes peuvent aussi être prédisposés à une carence en vitamine D. Pour ces deux raisons les sportifs ayant le recours aux compléments alimentaires à base de vitamine D ; sans aucune connaissance de sa toxicité potentielle peuvent développer des problèmes de santé. Des cas d'hypercalcémie et de néphrocalcinose ont été décrits suite à cette supplémentation **(337)**.

Le taux sérique de l'albumine était normal chez les deux groupes de l'étude ; l'albuminémie moyenne des sportifs consommateurs de CA était supérieure à celle des témoins ($47,31 \text{ g/l} > 46,36 \text{ g/l}$) mais la différence entre ces deux moyennes n'était pas significative ($P > 0,05$). Les taux plasmatiques moyens des protéines totales étaient également dans la fourchette des normes et la différence entre les deux groupes était statistiquement non significative. L'albumine sérique fait partie des marqueurs utilisés pour explorer l'état nutritionnel. Une étude publiée en 2017 dans la revue vétérinaire canadienne a montré l'impact positif de la supplémentation par les acides aminés sur le poids corporel et l'albumine sérique chez les chiens atteints d'insuffisance rénale chronique **(338)**.

D'autres études ont montré qu'une supplémentation en BCAA augmente in vitro la synthèse et la sécrétion d'albumine par des hépatocytes de rat en culture sans affecter l'expression de l'ARNm de l'albumine. Les BCAA récupèrent la cinétique altérée du chiffre d'affaires de l'albumine à la fois chez le modèle cirrhotique de rat et chez les patients cirrhotiques. Une supplémentation à long terme en BCAA augmente l'albumine plasmatique, améliore les problèmes de qualité de vie et améliore enfin la survie dans la cirrhose du foie **(339, 340)**.

Partie II : Étude du marché des compléments alimentaires à usage sportif au niveau de la wilaya de Tlemcen

L'inventaire des compléments alimentaires à usage sportif commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen a révélé l'existence de 32 marques commerciales. La plus part de ces marques proviennent principalement des Etats Unis ensuite des pays Européens et aucun produit n'est fabriqué en Algérie. Ceci concorde avec les résultats rapportés par Claire Morton, l'analyste principale de l'industrie pour le *Nutrition Business Journal* du New Hope Network. Claire Morton a tenu à faire un état des lieux mondial du marché des compléments alimentaires pour l'année 2017, les Etats-Unis concentrent à eux-seuls un tiers du chiffre d'affaires mondial. Évalués à plus de 128,9 milliards de dollars au niveau mondial, le secteur des compléments alimentaires a enregistré une croissance de 6,1 % par rapport à l'année 2016. Quant au marché européen dans son ensemble, il représente 18 % des parts du marché mondial **(341)**. Le marché algérien est envahi par ces produits importés car ils ne sont pas touchés par la nouvelle restriction d'importation, puisque l'Algérie n'a pas trouvé une alternative au niveau national.

La recherche approfondie dans les sites internet officiels de ces marques a dévoilé que certaines parmi elles ne disposent pas de certificats. Alors que la certification des produits est importante pour assurer de la qualité du processus de fabrication, pour limiter les risques sanitaires mais aussi pour être certain que le produit est toujours le même quel que soit le lieu ou le moment de sa fabrication. Il existe une pléthore de certifications pour les entreprises, certaines sont des normes générales de l'industrie (ISO) et d'autres sont pratiquées lors de l'examen de la gamme de produits d'une entreprise (type antidopage). Mais il en ressort trois certifications principales utilisées par les fabricants et vendeurs de compléments alimentaires : **le HACCP, l'ISO 22000 et la GMP / BPF (342)**.

a) HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point : c'est un système qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments, basée sur 7 principes. La mise en place de l'HACCP se fait en suivant une séquence logique de 12 étapes de contrôle de la fabrication à chaque étape critique, pour plus de maîtrise du processus global. C'est la base de la gestion de la sécurité. L'HACCP s'intéresse aux 3 classes de dangers pour l'hygiène des aliments :

- Les dangers biologiques (virus, bactéries...),
- Les dangers chimiques (pesticides, additifs...),
- Les dangers physiques (bois, verre...) **(343)**.

b) ISO 22 000 : La norme ISO 22000 représente le mariage de la qualité, de l'amélioration continue et de l'hygiène et de la sécurité des denrées alimentaires. L'ISO 22000 est une norme internationale qui spécifie les exigences d'un système de management de la sécurité des denrées alimentaires. La norme ISO 22000 est élaborée sur les bases de l'HACCP, elle intègre également les bonnes pratiques d'hygiène et impose la mise en place d'un véritable système de management **(344)**. ISO 22 000 = HACCP + Une garantie que les procédés de fabrication sont les mêmes partout dans le monde pour ce même produit + une plus grande implication des acteurs directs et indirects du processus de fabrication + une plus grande communication entre tous ces acteurs **(342)**.

c) GMP : Les bonnes pratiques de fabrication (BPF, en anglais Good Manufacturing Practices ou GMP) : est une notion d'assurance de la qualité, établies par des états ou la Commission européenne dans le cadre du développement des "démarches qualité". Cette certification permet au consommateur d'être certain du respect de la méthode HACCP et que le produit est vérifié par un organisme indépendant et non par le fabricant lui-même. Elle prouve que le produit répond aux spécifications définitives, mais aussi qu'il a été obtenu par les mêmes méthodes et dans les mêmes conditions chaque fois qu'il est fabriqué. Cela s'applique aux sociétés pharmaceutiques et médicales, ainsi que pour la production alimentaire pour évaluer et aider les entreprises à mettre en œuvre les bonnes pratiques de fabrication et d'exploitation afin d'assurer la qualité du produit, la sécurité et l'aptitude à sa consommation. GMP = HACCP pour les process de fabrication, mais aussi une garantie sur le choix de la composition des produits : sans danger pour la santé, pas de contamination, conformité à l'étiquette, ...**(342)**.

Il existe d'autres certifications qui peuvent différencier une entreprise de ses concurrents. Elles communiquent aux consommateurs qu'un produit particulier est conforme à certaines pratiques d'approvisionnement de matériel et de fabrication appropriées conformément à leurs religions, choix de vie ou de santé : Bio, Halal, Vegan, Gluten Free, garantie sans OGM ... etc.

Sur un marché réglementé, les certifications sont une confirmation, généralement fournie par un examen externe, qu'un produit et / ou une organisation suivent des critères spécifiques et respectent les règles établies.

Il s'avère indispensable pour le sportif de choisir un produit certifié / labellisé pour s'assurer que ce dernier est de qualité et qu'il est produit avec sécurité selon un système uniformisé / standardisé qui ne laisse aucune place à l'erreur. Dans le meilleur des cas, un produit NON-certifié, sera peut-être inefficace et dans le pire, il peut être à l'origine d'effets indésirables gênants voire même graves pour la santé du consommateur. Mais ce n'est pas forcément parce que l'entreprise n'a pas fait la démarche de la certification que sa production n'est pas de qualité. C'est juste qu'elle ne puisse pas en apporter la preuve.

Malheureusement, la certification n'est pas obligatoire, et comme elle a un coût important, de nombreux fabricants ne demandent aucune certification de leurs produits ou de leurs usines. Se conformer à tous les règlements et certifications est un processus long et très coûteux qui commence par la vérification à l'achat de matières premières, et se termine avec l'emballage des produits finis qui demandent un examen approfondi. Seules les entreprises leader de l'industrie des compléments alimentaires ont la possibilité de financer ces dépenses supplémentaires pour les diverses certifications afin de garantir la plus haute qualité à leurs clients. C'est la raison pour laquelle les gammes de suppléments alimentaires provenant de différents fabricants peuvent avoir de grands écarts de prix (342).

L'analyse du marché des compléments alimentaires de la wilaya de Tlemcen a révélé l'existence de 82 produits de marques différentes durant la période de notre étude.

La lecture de l'étiquetage de ces compléments alimentaires nous a permis de recenser la présence de 7 plantes utilisées dans la fabrication de ces produits : Ginseng, Rhodiol, Thé, *Vitis vinifera*, *Piper nigrum*, *Phyllanthus emblica*, *Cucurbita pepo*. La DGCCRF une administration française du ministère de l'économie autorise une liste des plantes qui peuvent être incorporées dans les compléments alimentaires. Chaque plante est identifiée dans la liste par son nom scientifique selon le format classique « genre, espèce, auteur ». Même la présence d'une plante dans la liste ne préjuge pas la sécurité d'emploi des préparations qui peuvent en être faites. Cette sécurité dépend de nombreux paramètres relatifs à la qualité de la préparation considérée et aux conditions de son emploi dans les compléments alimentaires, en

particulier la quantité par portion journalière et les avertissements et recommandations qui l'accompagnent (345).

Parmi les substances à but nutritionnel ou physiologique utilisées dans la fabrication des compléments alimentaires commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen, la caféine était présente dans trois marques commerciales (BOOGIE MAN[®] -225 mg/15g-, N,O-XPLODE (BSN)[®] -225 mg/15g-, The CRUSE[®] -465 mg/15g-).

Selon les normes établies par la DGCCRF, pour la caféine, la quantité présente dans la portion journalière recommandée ne doit pas dépasser 200 mg. Les fabricants mentionnent dans les étiquetages « à ne pas excéder 3 scoops par 24 h » (3 scoop = 15 g). La marque « The CRUSE[®] » dépasse largement la dose recommandée (-465 mg/15g-).

La caféine est connue par ses actions physiologiques (effets sympathomimétiques, effet diurétique..). À coté de sa présence dans les compléments alimentaires, elle est retrouvée également dans le café et le thé, ce qui augmente le risque d'overdose chez les sportifs consommateurs. De nombreux cas d'intoxication sont liés à la consommation de la caféine, dont le tableau clinique regroupe des rhabdomyolyses, collapsus cardiovasculaire voire même des arrêts cardiaques (346, 347, 348, 349).

À son tour, la créatine est devenue l'un des compléments alimentaires les plus populaires dans le marché de la nutrition sportive. Durant la période de notre étude, quatre marques commerciales à base de créatine étaient disponibles dans le marché de la wilaya de Tlemcen et leurs produits sont présentés sous des formes et des dosages différents : la marque « OLIMPS MEGA CAPS[®] » est une gélule de 1250 mg, les marques USN[®] et Bio Tech[®] sont des poudres avec les doses de 3000 mg et 3400 mg respectivement, alors qu'Ultimate Nutrition[®] présente la créatine sous forme de tablettes de 5000 mg.

Pour la créatine, la quantité présente dans la portion journalière recommandée ne doit pas dépasser 3000 mg selon les normes de la DGCCRF mais les études indiquent que la supplémentation en créatine ne semble pas affecter négativement la santé des athlètes (350, 351).

L'inventaire des substances utilisées en tant qu'additif alimentaire dans la fabrication des compléments alimentaires commercialisés dans le marché étudié, révélait la présence de

cinq (5) composés non autorisés par le ministère du commerce algérien et qui sont : Cyclamate de sodium, Dioxyde de silicone, Jaune orangé S, Lactase et Cellulase.

La toxicité du cyclamate de sodium et du jaune orangé S est bien démontrée chez l'animal. Le jaune orangé S (E 110) est considéré comme xénoestrogène, il active la transcription des récepteurs des œstrogènes humains (352). L'E110 est aussi génotoxique, une étude in vitro sur les cellules germinales mâles montre que le jaune orangé S endommage l'ADN de ces cellules (353).

En 1969, le cyclamate était interdit dans de nombreux pays, car des tumeurs de la vessie avaient été découvertes chez des rats nourris avec le mélange cyclamate-saccharine ou avec la cyclohexylamine. Depuis lors, plusieurs études de toxicité et de cancérogénicité supplémentaires ont été menées avec le cyclamate, le mélange cyclamate-saccharine et le métabolite du cyclamate, la cyclohexylamine (CHA). Ces études ont été jugées négatives en ce qui concerne l'effet cancérogène du cyclamate et de la CHA (354).

La silice (E551) est couramment utilisée comme agent anti-agglomérant dans les produits alimentaires. La morphologie et la dimension des particules de silice ajoutées ne sont toutefois pas généralement indiquées sur l'étiquette du produit alimentaire. L'industrie alimentaire a adapté la nanotechnologie à l'aide de nanoparticules d'ingénierie afin d'améliorer la qualité de ses produits. Cependant, le débat autour des préoccupations en matière de santé et de sécurité liées à l'utilisation de nanoparticules d'ingénierie dans des produits de consommation a été intensifié. La morphologie, la taille des particules, la nature cristalline et la pureté des particules conditionnent la sécurité de l'utilisation de cet additif (355). Le dioxyde de silicium de qualité alimentaire n'était pas toxique (356).

Concernant les deux enzymes lactase et cellulase, les études ne montrent aucune toxicité propre à ces additifs (356, 357). Cependant ces enzymes sont produites à partir des différentes levures d'où le risque de la contamination par des mycotoxines (358).

Concernant les quantités maximales des additifs utilisés, aucune précision n'a été mentionnée dans les étiquettes de ces compléments alimentaires.

L'analyse des étiquettes a montré l'absence totale de toute substance dopante dans la composition de ces compléments alimentaires. Cependant, ceci n'exclue pas systématiquement leur incorporation dans ces produits.

À la demande du Comité International Olympique, le laboratoire de Köln a procédé à une analyse de compléments alimentaires (vitamines, sels minéraux, créatine, carnitine, acides aminés branchés, glutamine, guarana...). Sur 153 produits analysés de différentes origines, 18 compléments se révélaient contaminés dont 15 par des pro-hormones de la nandrolone. Un échantillon de créatine se révélait contaminé par 7 pro-hormones différentes (**2, 359**). L'étude se poursuivait et confirmait les résultats préliminaires. Sur 634 compléments nutritionnels achetés dans 13 pays, 15 % contenaient des produits interdits. Ce taux était variable selon les pays (origine USA : 20 %, Pays-bas : 26 %, France : 7 %).

Les causes possibles d'un dopage à l'insu du sportif peuvent résulter :

- D'un problème de qualité du complément alimentaire (non respect des spécifications) : contamination croisée ou volontaire avec des produits dopants,
- D'un étiquetage non-conforme au contenu (absence de mention d'un ingrédient présent et potentiellement dopant) (**2, 360**).

Le dopage peut avoir des conséquences néfastes sur la santé du sportif, en effet plusieurs systèmes sont touchés :

- Effets sur le système nerveux central : anorexie, céphalées, coma/décès, confusion, convulsion, dépendance, euphorie, hallucinations, vertiges, insomnie, somnolence, irritabilité, syndromes dépressifs ;
- Effets cardiovasculaires : cardiomégalie, hypertension artérielle, hypotension artérielle, infarctus du myocarde, tachycardie ;
- Effets digestifs : atteintes hépatiques, constipation, diarrhée, hémorragies digestives, nausées et vomissements ;
- Effets endocriniens et métaboliques : acromégalie, gynécomastie, hyperglycémie, hypoglycémie, hypokaliémie, ostéoporose, stérilité ;
- Effets hématologiques : thrombo-embolie, agranulocytose ;
- Effets rénaux : déshydratation, insuffisance rénale (**361**).

Les limites de l'étude :

Notre étude a été confrontée à de nombreuses limites sans lesquelles elle aurait été plus complète et plus globale, parmi ces contraintes :

- 1) La taille réduite de l'échantillon étudié a limité la pertinence des résultats obtenus. Ce biais est dû au fait que les candidats que nous avons sollicité pour participer à notre étude n'étaient pas très coopérants,
- 2) Les critères d'inclusion stricts que nous avons choisi ont engendré une marge de manœuvre très limitée : nous avons choisi des sportifs apparemment en bonne santé qui ne souffrent pas de maladie chronique et qui ne sont pas sous un traitement particulier et nous avons exclu les sportifs qui utilisent les produits dopants. Or ces facteurs peuvent être présents, parfois même simultanément, chez un bon nombre de sportifs ce qui potentialise le risque d'effets indésirables liés à la consommation des CA et donc d'éventuelles perturbations du profil biochimique de ces sportifs,
- 3) La durée de la supplémentation chez les sportifs inclus dans notre étude n'était pas assez longue pour permettre d'apprécier l'impact à long terme de ces compléments alimentaires sur les paramètres biologiques,
- 4) L'impossibilité de standardiser l'activité physique et le régime alimentaire chez les sportifs étudiés durant les jours qui précèdent le prélèvement. Certains paramètres biochimiques varient dynamiquement avec l'activité physique et les apports alimentaires,
- 5) La difficulté de réalisation des dosages urinaires de certains paramètres biochimiques qui peuvent être aussi intéressants que les paramètres biochimiques sanguins,
- 6) La durée limitée du temps nous a empêché de suivre les variations du bilan biologique chez la population cible, un seul prélèvement a été réalisé,
- 7) La non disponibilité de matériels sophistiqués, des réactifs et des étalons ainsi que la grande diversité des compléments alimentaires présents dans le marché nous ont empêché de doser les différents constituants de ces CA dans le but de vérifier leur conformité à l'étiquetage.

Conclusion et perspectives

La présente étude constitue, à notre connaissance, la première étude Tlemcennienne qui s'est intéressée aux compléments alimentaires à usage sportif. Ainsi, nous avons exploré le marché des compléments alimentaires de notre wilaya et nous avons décrit le profil biochimique des sportifs de la région de Tlemcen qui consommaient ces produits tout en le comparant avec celui des sportifs qui ne se supplémentaient pas.

Concernant la première étude, nos résultats s'accordent en gros avec les données de la littérature. Le profil biochimique des sportifs consommateurs des CA était globalement dans les normes ce qui laisse supposé que ces produits n'exercent aucun effet négatif sur les paramètres biochimiques étudiés mais ceci peut être lié au fait que le groupe étudié était composé de sujets en bonne santé et on sait que les effets négatifs de ces produits se manifestent surtout chez les personnes présentant des facteurs de risque sanitaires. La comparaison avec le groupe des sportifs témoins n'était significative que pour l'IMC et la CPK, ce qui peut être attribué aux nombreuses limites de notre étude citées précédemment.

Pour ce qui est de la seconde enquête, l'absence de réglementation algérienne relative à cette catégorie de produits nous a obligé d'utiliser les normes établies par la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes en France pour recenser les anomalies réglementaires de notre marché. Les substances rentrant dans la fabrication des 82 compléments alimentaires disponibles sur ce marché durant la période de notre étude, mentionnées sur les étiquettes, sont toutes autorisées. Concernant les additifs alimentaires incorporés dans ces préparations, cinq composés ne sont pas autorisés par la réglementation algérienne des additifs alimentaires. Cependant, ces résultats n'excluent pas les risques de falsifications surtout que 25 % de ces produits n'avaient aucune certification internationale.

Nous espérons par ce modeste travail avec ses parties théorique et pratique avoir attiré l'attention des sportifs impressionnés par les bienfaits des compléments alimentaires que ces produits ne sont pas anodins et peuvent occasionner plusieurs effets indésirables et même si ils sont présentés comme « naturels » ils peuvent contenir des substances dangereuses pour la santé au même titre que les médicaments.

Par conséquent, nous proposons comme recommandations :

- La fixation par la réglementation algérienne d'une liste des composants autorisés et les teneurs à ne pas dépasser dans les compléments alimentaires,

- L'implantation d'un dispositif national de nutrivigilance dont le signalement des effets indésirables est simple et accessible à tous les consommateurs de ces produits,
- Les sportifs doivent être particulièrement attentifs à la composition des produits consommés et ils doivent privilégier les produits certifiés,
- Les objectifs de la supplémentation devraient être discutés avec un professionnel de santé,
- La prise des compléments alimentaires est déconseillée sans avis médical chez les sujets présentant des facteurs de risque cardiovasculaire ou souffrant d'une cardiopathie ou d'une altération de la fonction rénale ou hépatique ou encore de troubles neuropsychiatriques,
- Avant toute supplémentation, une exploration médicale auprès de médecin est indispensable,
- En cas de prise concomitante avec les médicaments, il faut veiller auprès du pharmacien de l'absence d'une potentielle interaction,
- Les compléments alimentaires sont déconseillés chez les enfants, les adolescents et les femmes enceintes ou allaitantes,
- Le respect des apports journaliers recommandés par les autorités sanitaires est indispensable.

Nous souhaitons que notre étude soit poursuivie et complétée par d'autres recherches, à plus grande échelle, pour affiner les résultats trouvés. Nous proposons ainsi, la réalisation d'études analytiques de type Exposé/Non exposé transversales ou rétrospectives pour pouvoir analyser les liens de causalité entre la consommation d'un complément alimentaire et les variations des paramètres biochimiques des sportifs consommateurs de ces produits. Ces études nécessiteront un échantillon plus important, une durée plus longue, deux groupes de sportifs comparables en tous les points sauf la consommation du produit qui doit être à son tour chronique et limitée à un seul type de complément alimentaire. Ce type d'étude, très difficile à réaliser, apportera des résultats plus sûrs et plus pertinents. D'autre part nous proposons aussi d'étudier le marché des compléments alimentaires vendus sur internet, car les adultérations et les tromperies y sont plus fréquentes. Il serait pertinent de procéder à des dosages pour vérifier la conformité de ces produits à l'étiquetage.

Enfin, par cette étude, aussi modeste soit-elle, nous espérons avoir ajouté, une petite pierre au grand édifice de la recherche universitaire algérienne.

Les références bibliographiques

1. Olivier Coste, compléments alimentaires : soyez vigilant, Médecin, Ligue Languedoc Roussillon de Triathlon et Duathlon, Novembre 2006.
2. MM. Jacques-Louis B, Raymond A, BULLETIN DE L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE, ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE, 2004 — Tome 188 — No 6.
3. Décret n°2006-352 du mars 2006 relatif aux compléments alimentaires.
4. Agence française de sécurité sanitaire des aliments, étude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA) 2006-2007, Nancy France : rapport AFSSA, 2009, P 138-49.
5. C Dubecq, Y Daniel, L Aigle, X Bigard, utilisation des compléments alimentaires à visée ergogénique chez les militaires français : prévalence et modes de consommation lors d'une opération extérieure, Elsevier Masson, science et sport, 2014, 29 P 188-195.
6. L'agence nationale de sécurité sanitaire alimentation de l'environnement et du travail, connaitre-évaluer-protéger, les compléments alimentaires destinés aux sportifs, Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective, Novembre 2016.
7. Lucie DELOY, COMPLEMENTS ET PRODUITS ALIMENTAIRES CHEZ LE SPORTIF : CONSOMMATION, RISQUES ET IMPORTANCE DU CONSEIL OFFICINAL, thèse pour obtenir le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Lorraine, 11 Juillet 2017, P 77.
8. Compléments alimentaires, points forts, Suivi biologique du sportif © 2018 Elsevier Masson SAS.
9. Africa Business Intelligence ABI, Algérie : une réglementation pour protéger les consommateurs, marché des compléments alimentaires, le 18 décembre 2017.
10. <https://dzpharma.com/index.php/fr/news-de-l-officine/141-marche-des-complements-alimentaires-en-algerie-un-cadre-reglementaire-en-cours-d-elaboration>
11. Batigne et Serge D'Amico, Le Corps humain : comprendre notre organisme et son fonctionnement. Editions Québec Amérique, P 128, Septembre 2014, ISBN-A3 : 978-2764411155.
12. Yoga Ekonkgar, Pricipaux muscles squelettiques, N°914, publié en 2015.
13. Agnès Servant-Laval, Anatomie fonctionnelle. Psychomotricité deuxième année Présentation du cours/TD. 2006 - 2007. Mise à jour : 5 avril 2007.
14. Bernard SWYNGHEDAUF, Jean RAIMBAULT, Muscles, localisation des différents tissus musculaires, Encyclopaedia Universalis, P 20.
15. Hugues Monod, Roland Flandrois, et Henry Vandewalle, physiologie de sport. ScienceDirect, Novembre 2007, Pages 320, SBN: 9782294702488.
16. Patrice IMPINNA, Précisions anatomo-physiologiques cocernant les muscles, cabinet de kinésithérapie de la clinique Maussins-Nollet 75019 Paris, Octobre 2010.
17. Behm DG. Neuromuscular implications and applications of resistance training. J Strength Cond Res 1995;9:264-274.
18. Pratique sportive : les différents types de contractions : concentriques, excentriques, isométriques, Catégories : physiologie, publié le : 11 Juillet 2011.

19. MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics ;1991.
20. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HK. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol* 1996 ; 80 : 876-884.
21. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise*. 5th ed. Champaign, IL : Human Kinetics ; 2011.
22. Rowell LB. *Human Cardiovascular Control*. New York, NY: Oxford University Press; 1993.
23. American College of Sports, Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8th ed. Philadelphia, PA : Lippincott Williams & Wilkins ; 2008.
24. Gledhill N, Cox D, Jamnik R. Endurance athletes' stroke volume does not plateau: Major advantage is diastolic function. *Med Sci Sports Exerc* 1994 ; 26 : 1116-1121.
25. MacDougall JD. Blood pressure responses to resistive, static, and dynamic exercise. In: Fletcher GF, ed. *Cardiovascular Response to Exercise*. New York NY : American Heart Association ; 1994, 155-173.
26. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med Sci Sports Exerc* 1995 ; 27 : 113-120.
27. Trappe SW, Costill DL, Vukovich MD, Jones J, Melham T. Aging among elite distance runners: A 22-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* 1996 ; 80 : 285-290.
28. Bouchard C, An P, Rice T, et al. Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *J Appl Physiol* 1999 ; 87 : 1003-1008.
29. Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA, Boulay MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sport Sci Rev* 1992 ; 20 : 27-58.
30. Bouchard C, An P, Rice T, et al. Familial aggregation of VO₂max response to exercise training: Results from the HERITAGE Family Study. *J Appl Physiol* 1999 ; 87 : 1003-1008.
31. Laughlin MH, Roseguini B. Mechanisms for exercise training-induced increases in skeletal muscle blood flow capacity : Differences with interval sprint training versus aerobic endurance training. *J Physiol Pharmacol* 2008 ; 59 (Suppl 7) : 71-88.
32. Holloszy JO. Metabolic consequences of endurance exercise training. In: Horton ES, Terjung RJ, eds. *Exercise, Nutrition, and Energy Metabolism*. New York, NY: Macmillan ; 1988.
33. Goodman JM, Liu PP, Green HJ. Left ventricular adaptations following short-term endurance training. *J Appl Physiol* 2005 ; 98 : 454-460.
34. ter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med* 2003 ; 33 : 33-46.
35. Pierre Barbe, Patrick Ritz, composition corporelle, cahier de nutrition et diététique ScienceDirect, Juin 2005, P 172-176.

36. Wang ZM , RN Pierson Jr , SB Heymsfield, le modèle à cinq niveaux:une nouvelle approche pour organiser la recherche sur la composition corporelle, PubMed, Juillet 1992, 56 (1) : 19-28.
37. Thibaut de Saint Pol, comment mesurer la corpulence et le poids idéal, intérêts et limites de l'indice de masse corporelle, archives-ouvertes, Février 2008.
38. Organisation mondiale de la santé, Obésité et surpoids, principaux repères sur l'obésité et le surpoids, Que sont le surpoids et l'obésité ? Février 2018.
39. Dymna Gallagher, Steven B Heymsfield, Moonseong Heo, Susan A Jebb, Peter R Murgatroyd, et Yoichi Sakamoto, Gammes de pourcentage de masse grasse saine, Une approche pour développer des recommandations basés sur l'indice de masse corporelle, 72 (3): 694-701 · septembre 2000, DOI: 10.1093 / ajcn / 72.3.694.
40. Deurenberg-Yap M , Schmidt G , van Staveren WA , Deurenberg P, Le paradoxe du faible indice de masse corporelle et du pourcentage élevé de graisse corporelle chez les Chinois, août 2000 ; 24 (8): 1011-7. PMID : 10951540.
41. Lee SY , Gallagher D, méthodes d'évaluation de la composition corporelle, PubMed, Septembre 2008, 11 (5): 566-72. doi : 10.1097.
42. M. V. Moreno, « Etude de la composition corporelle par impédancemétrie sur des adultes et des enfants sains et pathologiques. phdthesis, Université de Technologie de Compiègne, Mai 2008.
43. Brodie D , Moscrip V , Hutcheon R, mesure de la composition corporelle, examen des méthodes hydrodensitométrie, d'anthropométrie et d'impédance, PubMed, Mars 1998, 14 (3): 296-310.
44. Van Der Ploeg GE ¹ , Withers RT , Laforgia J, pourcentage de graisse corporelle via DEXA: comparaison avec un modèle à quatre compartiments, PubMed, Février 2003, 94 (2): 499-506.
45. KJ Ellis , Composition du corps humain : méthodes in vivo, PubMed, Avril 2000, 80 (2): 649-80.
46. LK Bachrach, mesures par absorptiométrie à double énergie de rayon X (DEXA) de la densité osseuse et de la composition corporelle : promesses et pièges, PubMed, Septembre 2000, 13 Suppl 2: 983-8.
47. René Caquet, 250 examens de laboratoire, prélèvements, valeurs de référence, orientations diagnostiques, Elsevier Masson, Edition 12, P 535, 2005.
48. L'institut de myologie, INNOVER POUR GUERIR, contrôle de l'activité musculaire par système nerveux,
49. Amanda Robb, Quels sont les nutriments ? Définitions et exemples, études générales sciences de la santé : aide et examen.
50. Cummings JH ¹ , Roberfroid MB , Andersson H , C Barth , Ferro-Luzzi A , Ghossein Y , Gibney M , Hermansen K , James WP , Korver O , Lairon D , Pascal G , Voragen AG , nouveau regard sur les glucides alimentaires, chimie, physiologie et santé, PubMed, Juillet 1997, 51 (7): 417-23.

51. Wursch P, Pi-Sunyer FX. The role of viscoses soluble fiber in the metabolic control of diabetes : a review with special emphasis on cereals rich in beta glucan. *Diabetes Care* 1997 ; 20 : 1774–80.
52. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, risques et bénéfices pour la santé des AG trans apportés par les aliments, Avril 2015.
53. T Vanmierlo, Produits d'oxydation des stérols végétaux - analogues aux produits d'oxydation du cholestérol d'origine végétale ? *PubMed*, Mars 2013, 95 (3) : 464-72. doi: 10.1016.
54. Van Der Beek EJ, supplémentation en vitamines et performance physique, *PubMed*, 1997, numéro de spéc. 9 : 77-90.
55. D Benton, Haller J, Fordy J, Une supplémentation en vitamines pendant 1 an améliore l'humeur, *PubMed*, 1995 ; 32 (2): 98-105.
56. Mette M. Berger, Anne Marie Roussel, complémentation ou supplémentation en oligo-éléments : qui ? pourquoi ? comment ? Mai 2017, P 93-102, DOI : 10.1016.
57. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, et al. Glycemic index of foods : a physiological bases for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981 ; 34 : 362–6.
58. Marque-Miller JC , Thomas M , Swan V , Ahmad ZI , Petocz P , Colagiuri S , Validation physiologique du concept de charge glycémique chez les jeunes adultes maigres, *PubMed*, Septembre 2003, 133 (9) : 2728-32.
59. Fiona S. Atkinson, Kaye Foster-Powell, Jennie C. Brand-Miller, Tableaux internationaux de Index Glycémique et glycémiques Les valeurs de charge, Décembre 2008, doi : 10.2337 / dc08-1239.
60. Ello-Martin JA , Ledikwe JH , Rolls BJ, L'influence de la taille des portions alimentaires et de la densité d'énergie sur la consommation d'énergie : implications pour la gestion du poids, *PubMed*, Juillet 2005; 82 (1 Suppl): 236S-241S. doi: 10.1093 82.1.236S.
61. Nicole Darmon, Matthieu Maillot, Les relations entre la densité énergétique des légumes et des fruits, *PubMed*, janvier 2006, DOI : 10.1016 / j.jada.2005.09.005.
62. Adam Drewnowski, Concept d'un aliment nutritif : vers un score de densité nutritionnelle, *PubMed*, novembre 2005, 82 (4) : 721-32.
63. Alessandra Rangel, Patrícia Schwengber, Karina Saraiva, Marcelo Narciso, Évaluation biologique d'un isolat de protéine de graines de niébé (*Vigna unguiculata*), *PubMed*, Octobre 2004, DOI: 10.1016 / j.foodchem.2003.12.023.
64. EW Becker, Les microalgues sont des sources importantes de protéines, *PubMed*, Mars 2007, DOI : 10.1016 / j.biotechadv.2006.11.002.
65. Peter WILLIAMS, la composition nutritionnelle de la viande rouge, *Journal of Dietitians Association of Australia*, Aout 2015, Pages S113-S119.

66. Peter Surai, NHC Sparks, Évaluer la capacité des œufs de créateur enrichis en vitamine E, en lutéine, en sélénium (Se), Juin 2013, DOI: 10.1016 / S0924-2244 (01) 00048-6.
67. Jenkins TC , McGuire MA, Principales avancées en matière de nutrition : impact sur la composition du lait, PubMed, J Dairy Sci. 2006 avril ; 89 (4): 1302-10.
68. Jean-Marie Bourre, Alimentation animale et valeur nutritionnelle induite sur les produits dérivés consommés par l'homme, Septembre 2003, Pages : 405-425, *OCL* 2003 ; 10(5-6) : 405–424.
69. Roberta ALTOMARE et al, le régime méditerranéen: histoire de santé, PubMed, Mai 2013, Iran J Santé publique . 2013; 42 (5) : 449–457.
70. SS Rodrigues et al, . Un nouveau guide alimentaire pour la population portugaise : développement et considérations techniques, PubMed, Mai 2006, 38 (3): 189-95.
71. Stefan Bogdanov, Tomislav Jurendic, Robert Sieber, Peter. Gallmann, le miel pour la nutrition et la santé, Journal de l'American College of Nutrition 27 (6): 677-89 · janvier 2009, DOI : 10.1080 / 07315724.2008.10719745.
72. M Torres-Moreno, Composition nutritionnelle et profil des acides gras dans les fèves de cacao et les chocolats de différentes origines géographiques et conditions de transformation, PubMed, janvier 2015; 166: 125-32. doi: 10.1016 / j.foodchem.2014.05.141. Epub 2014 5 juin.
73. Répertoire general des aliments, INRA, CIQUAL, 1. Table de composition des corps gras (1987), 2. Table de composition des produits laitiers (1987), 3. Table de Composition Generale, 2e ed., 1995. Editions Lavoisier- Tec & Doc, Paris.
74. Dupin H.J.L., Malewiak M.J., Leynaud-Rouaud C., Berthier A.M. : Alimentation et Nutrition Humaines, Editions ESF, 1992.
75. Boratynski et al, Effets du métabolisme basal sur la génétique et la condition physique, PubMed, Mars 2012, DOI: 10.1007 / s10682-012-9590-2.
76. CJ Henry, Mécanismes de modification du métabolisme basal au cours du vieillissement, PubMes, Eur J Clin Nutr. 2000 juin; 54 Suppl 3: S77-91.
77. GR - Gezondheidsraad. Voedingsnormen: energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Den Haag : Gezondheidsraad, 2001; publié le 2001.
78. R Mullur, regulation du métabolisme par l'hormone thyroïdienne, 2014 avril; 94 (2): 355–382. doi: 10.1152 / physrev.00030.2013.
79. Tarnopolsky M.A., Atkinson S.A., Mac Dougall J.D. et al. — Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. J. Appl. Physiol., 1992,73, 1986-1995.
80. Dorian Raffin, dépense énergétique le métabolisme basal, l'activité physique et l'effet thermique des aliments, publié le : 29 Juin 2018.
81. Cordain L , Gotshall RW , Eaton SB , Eaton SB, . Activité physique , dépense énergétique et condition physique : une perspective évolutive, Int J Sports Med. 1998 juillet; 19 (5): 328 à 355.

82. Nesrine Berkati, calculs des principaux ratios financières, service de direction financière externalisée, publié le : 04 Octobre 2018.
83. Tarnopolsky M.A., Atkinson S.A., Mac Dougall J.D. et al. — Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J. Appl. Physiol.*, 1992,73, 1986-1995.
84. Lemon P.W.R., Tarnopolsky M.A., MacDougall J.D. et al. — Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J. Appl. Physiol.*, 1992, 73, 767-775.
85. Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française. 3e édition. Éditions Tec et Doc Lavoisier, Paris, 2001.
86. Murphy SP, Johnson RK. The scientific basis of recent US guidance on sugars intake. *Am J Clin Nutr* 2003; 78(4): 827S-33S.
87. Lairon D, Arnaud N, Bertrais S, Planells R, Clero E, Hercberg S et al. Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(6): 1185-94.
88. Melissa M. Kaczmarczyk, Michael J. Miller et Gregory G. Freund, Les bienfaits des fibres alimentaires sur la santé, le 2012 mars 7. doi: 10.1016 / j.metabol.2012.01.017.
89. Terry P , Giovannucci E , Michels KB , Bergkvist L , Hansen H , Holmberg L , Wolk A, Fruits , légumes , fibres alimentaires et risque de cancer colorectal, *J Natl Cancer Inst.* 4 avril 2001; 93 (7): 525-33.
90. Slavin JL, Position de l'Académie de nutrition et de diététique: conséquences pour la santé des fibres alimentaires, *J Am Diet Assoc.* Octobre 2008; 108 (10): 1716-1731.
91. Oppliger RA , Bartok C, Tests d'hydratation des athlètes, *Sports Med.* 2002; 32 (15): 959-71.
92. Martin A, Les apports nutritionnels conseillés ANC, pour la population française, PubMed, *Reprod Nutr Dev.* 2001 mars-avril; 41 (2): 119-28.
93. Mette M. Berger, Anne-Marie Roussel, complémentation ou supplémentation en oligo-élément , Volume 31, n° 2, pages 93-102 (mai 2017), Doi : 10.1016/j.nupar.2017.03.001.
94. Germaine Veyret-Verner, 'Les différents types de régime alimentaire: Essai d'interprétation géographique', *Revue de Géographie Alpine*, 45.2 (1971), 251-72 <https://doi.org/10.3406/rga.1957.1898>.
95. Chang J, Kashyap S. The protein-sparing modified fast for obese patients with type 2 diabetes: what to expect. *Cleve Clin J Med.* 2014;81(9):557-65.
96. Bray G, Smith S, de Jonge L, Xie H, Rood J, Martin C, et al. Effect of dietary protein content on weight gain, energy expenditure, and body composition during overeating: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2012; 307(1):47-55.
97. Makris A, Foster G. Dietary approaches to the treatment of obesity. *Psychiatr Clin North Am.* 2011;34(4):813-27.

98. Leidy H, Clifton P, Astrup A, Wycherley T, Westerterp-Plantenga M, Luscombe-Marsh N, et al. The role of protein in weight loss and maintenance. *Am J Clin Nutr.* 2015. [Epub ahead of print].
99. Layman D, Evans E, Erickson D, Seyler J, Weber J, Bagshaw D, et al. A moderate-protein diet produces sustained weight loss and long-term changes in body composition and blood lipids in obese adults. *J Nutr.* 2009; 139(3):514–21.
100. Layman D, Evans E, Baum J, Seyler J, Erickson D, Boileau R. Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *J Nutr.* 2005;135(8):1903–10.
101. Westman E, Feinman R, Mavropoulos J, Vernon M, Volek J, Wortman J, et al. Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(2): 276–84.
102. Paoli A. Ketogenic diet for obesity: friend or foe? *Int J Environ Res Public Health.* 2014;11(2):2092–107.
103. Havemann L, West S, Goedecke J, Macdonald I, St Clair Gibson A, Noakes T, et al. Fat adaptation followed by carbohydrate loading compromises high intensity sprint performance. *J Appl Physiol.* 2006;100(1):194–202.
104. Karl J, Roberts S. Energy density, energy intake, and body weight regulation in adults. *Adv Nutr.* 2014;5(6):835–50.
105. Hooper LAA, Bunn D, Brown T, Summerbell CD, Skeaff CM. Effects of total fat intake on body weight. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;7(8): CD011834.
106. Sichieri R, AS Moura, Genelhu V, Hu F, Willett WC, mo essai randomisé d'un faible - glycémique - régime d'index et le changement de poids, *Am J Clin Nutr.* 2007 sept; 86 (3): 707-13.
107. Fleming P, Godwin M, les régimes à faible indice glycémique dans la gestion des lipides sanguins, *Fam Pract.* 2013 oct; 30 (5): 485-91. doi: 10.1093 / fampra / cmt029. Epub 2013 26 juin.
108. Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, MV Flood, Prvan T, Mitchell P, Brand-Miller JC, Indice glycémique, charge glycémique et risque de maladie chronique, *Am J Clin Nutr.* 2008 mars; 87 (3): 627-37.
109. Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S, régimes index glycémique dans la prise en charge du diabète: une méta - analyse d'essais contrôlés randomisés, 2003 août; 26 (8): 2261-7.
110. LENAT Margaux, sport de force et nutrition : optimiser ses résultats et améliorer sa santé par le biais de l'alimentation, thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de bourgogne, UFS des sciences de santé, faculté de pharmacie. DIJON, soutenue le 14 octobre 2016, 192 p.
111. Mathilde Touvier, compléments alimentaires, démêler le vrai de faux, science et santé, le magazine de l'institut national de la santé et la recherche médicale, janvier-février 2015, 50 P.

- 112.** Angélique Houlbert, Compléments alimentaires : Historique et grandes dates des compléments alimentaires, Syndicat National des Compléments Alimentaires, (www.biolineaire.com), Octobre 2014.
- 113.** Romain Galinier, alimentation du sportif : les compléments alimentaires, Sport Passion, disponible sur : (<https://www.sport-passion.fr/sante/complements-alimentaires-sport.php>) consulté le 12/05/2019.
- 114.** Dr Jean-Michel LECERF, les compléments alimentaires intérêts et limites, Service de Nutrition - Institut Pasteur de Lille, Novembre 2006, P04.
- 115.** Décret exécutif n° 12-214 du 23 Jomada Ethania 1433 correspondant au 15 mai 2012 fixant les conditions et les modalités d'utilisation des additifs alimentaires dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine (JO N° 30 du 16 Mai 2012, P16).
- 116.** Décret n°2006-352 du 20mars 2006 modifié relatif aux compléments alimentaires - article 2, directive 2002/46/CE modifiée.
- 117.** Art. L. 5111-1 du CSP, directive 2001/83/CE modifiée.
- 118.** Mylle Alexandre, le marché des compléments alimentaires, le complément alimentaire médicalisé : simple opportunité ou réel besoin dans l'arsenal thérapeutique français, , thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de Lille 2, mars 2012, 105 P.
- 119.** Médicament, dispositifs médicaux, compléments alimentaires : quelles sont les règles applicables ?, Le journal de l'Ordre national des pharmaciens. Juillet 2014. P. 15).
- 120.** Mlle Joséphine DOLLE, importance de la supplémentation vitaminique chez les patients opérés de chirurgie bariatrique, Juillet 2015, P 18.
- 121.** Le journal de l'Ordre national des pharmaciens, médicament, dispositifs médicaux, compléments alimentaires : quelles sont les règles applicables ? juillet 2014.
- 122.** JULIE Valette, Les compléments alimentaires (définition, aspects réglementaires, cas pratique : un médicament qui évolue en complément alimentaire), thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de Limoges, faculté de pharmacie, soutenue le 17 avril 2015, 103 P.
- 123.** Le portail de l'Economie, des finances, de l'action et des comptes publics, disponible sur : [<https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/complements-alimentaires-substances-a-but-nutritionnel-ou-physiologique>], consulté le 18/01/2019.

- 124.** Sévaux Grégoire, compléments alimentaires et allégations santé : évolution législative et réglementaire, Octobre 2014, P 62.
- 125.** Arrêté du 24 juin 2014 établissant la liste des plantes, autres que les champignons, autorisées dans les compléments alimentaires et les conditions de leur emploi, JORF n°0163 du 17 juillet 2014 page 11922 texte n° 26.
- 126.** Catherine MAINGUET, DGCCRF, bureau « Sécurité et réseaux d’alerte », arômes alimentaires.
- 127.** M Alexande, interaction entre protéines de serum de lait dénaturé et micelles de caséine, 13 octobre 2005, doi.org/10.1021/la0519958.
- 128.** Directive 2002/46/CE du Parlement et du Conseil du 10 juin 2002 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les compléments alimentaires - Journal Officiel des Communautés européennes 12 juillet 2002 : L183/51-L183/57.
- 129.** Vasbinder, Astrid Jolanda, Interactions caséine - protéines de lactosérum dans du lait chauffé, (2002) Utrecht University Repository.
- 130.** Y Boirie, Nutrition Clinique et Métabolisme, protéines rapides et protéines lentes, Volume 18, Issue 1, March 2004, Pages 25-27.
- 131.** Hall WL , DJ Millward , Long SJ , Morgan LM, La caséine et le lactosérum exercent des effets différents sur les profils plasmatiques d'acides aminés , la sécrétion d'hormone gastro - intestinale et l'appétit , Br J Nutr. 2003 février; 89 (2): 239-48.
- 132.** Morr C.V. and Ha e. Y. W. (1993). Whey protein concentrates and isolates: processing and Functional properties. Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6), pp431- 476.
- 133.** IP Mavropoulou , Composition , solubilité et stabilité des poudres de lactosérum , publié par C. Anandharamakrishnan en1973.
- 134.** Geoffrey W. Smithers, Lactosérum et les protéines de petit - lait -De « gouttière -à- or, ScienceDirect, Volume 18, numéro 7 , juillet 2008, pages 695-704.
- 135.** Muller A., Bernard C., Uzierin., Georges D. (2003). Prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions .lait 83, 111129. Netherlands Journal of the Society of Dairy Technology, 38, 4: 105 – 109
- 136.** LUQUET François-Marie, Laits et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Février 1986, P460,
- 137.** Vrignaud Y. (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière française n°422, PP : 41-46.

- 138.** Linden G et Lorient D. (1994). Biochimie agro industrielle ; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.
- 139.** Christine Taddei, Aimar P, Daufin G. et Sanchez V. (1986). Etude du transfert de Matière lors de l'ultrafiltration de lactosérum doux sur membrane minérale; le lait, 66(4), 371-390.
- 140.** Konrad et Kleinschmidt, Une nouvelle approche de l' α - lactalbumine (α -LA) l'isolement à partir de petit - lait doux, le Journal international des produits laitiers 18 (1): 47-54 · janvier 2008, DOI: 10.1016 / j.idairyj.2007.06.004.
- 141.** France Agri Mer d'après Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un compexant application au lactosérum. V. Jacquet Violleau (1999). FranceAgriMer Septembre 2013 ; numéro 02.
- 142.** <https://www.all-musculation.com/vrai-classement-proteines-2018-B572129.html>.
- 143.** Hulmi JJ, CM Lockwood , Stout JR, Effet des protéines / acides aminés essentiels et de la musculation sur l'hypertrophie des muscles squelettiques, Nutr Metab (Lond). 17 juin 2010; 7: 51. doi: 10.1186 / 1743-7075-7-51.
- 144.** C Gavazz, T . Huppertz, PF Fox simulation de la production de lait élevée protéine se concentre dans une usine laitière, Avril 2018.
- 145.** Stéphane BOUQUELET, Protéines alimentaires, SEMM, Université de Lille, Sciences et Technologies ©2008-2016 Université de Lille, Avril 2016.
- 146.** Inventor: Woodrow C. Monte; Current Assignee, Composition alimentaire antimicrobienne a faible pH a partir de proteines de lait totales et son procede de fabrication, 2002-07-23.
- 147.** Hidayat et al, *Effet de la supplémentation en protéines de lait chez les personnes âgées*. Méta-analyse d'essais randomisés contrôlés (ERC), institute for dairuy nutrion and health, 17 mai 2018.
- 148.** Nicolas Aubineau, diététicien nutritionniste du sport et en clinique, zoom sur des nutriments, des actifs et leurs importances pour le sportif au quotidien ou le jour, BCAA 2019.
- 149.** Alexandra M., BCAA, les acides amines ramifiés, naturellement plus fort, Sport Food Center, publié le 13 Octobre 2017.
- 150.** Blomstrand E., Saltin B. — BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. Am. J. Physiol., 2001, 281, E365-E374.
- 151.** Liu Z., Jahn L.A., Long W., et al. — Branched chain amino acids activate messenger ribonucleic acid translation regulatory proteins in human skeletal muscle, and glucocorticoids blunt this action. J. Clin. Endocrinol. Metab., 2001, 86, 2136-2143.

- 152.** Baar K., Esser K. — Phosphorylation of p70 (S6k) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *Am. J. Physiol.*, 1999, 276, C120-C127.
- 153.** Karlsson HK¹, Nilsson PA, Nilsson J, Chibalin AV, Zierath JR, Blomstrand E, acides aminés à chaîne augmentent la phosphorylation P70S6K dans le muscle squelettique humain après l'exercice de la résistance, *Am J Physiol Endocrinol Metab.* Juillet 2004, 287 (1): E1-7. Epub 2004 2 mars.
- 154.** Greer BK, Woodard JL, JP blanc, Arguello EM, Haymes EM, supplémentation en acides aminés et les indicateurs de lésions musculaires après l'exercice d'endurance, PubMed, *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007 décembre; 17 (6): 595-607.
- 155.** Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M et Rennie MJ (1999) Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology* 86(6), 1770-1777.
- 156.** Golden MHN, Jahoor P et Jackson AA (1982) Glutamine production rate and its contribution to urinary ammonia in normal man. *Clinical Science* 62(3), 299-305.
- 157.** Maria Gorbacheva, Glutamine, (C5H10N2O3), molécule d'acide amine isolé 3D, Banques d'images, image ID : 51055453.
- 158.** M Gleeson, Posologie et efficacité de la supplémentation en glutamine dans l'exercice physique et l'entraînement sportif, PubMed, *J Nutr.* 2008 oct ; 138 (10): 2045S à 2049S.
- 159.** Bassini-Cameron A, Monteiro A, Gomes A, Werneck-de-Castro JP, Cameron L, La glutamine protège de l'augmentation de l'ammoniac sanguin chez les joueurs de football de manière dépendante de l'exercice, PubMed, *Br J Sports Med.* 2008 avril ; 42 (4): 260-6. Epub 2007 5 nov.
- 160.** Lorin J, Zeller M, Guillard JC, Cottin Y, Vergely C et Rochette L (2014) Arginine and nitric oxide synthase : Regulatory mechanisms and cardiovascular aspects. *Molecular Nutrition and Food Research* 58(1), 101-116.
- 161.** Tymoczko, L. Stryer. Lavoisier, Biochimie, édition 7, en 2013, Pages 211, doi : 10.1016/j.phclin.2013.07.005, ISBN : 9782257204271.
- 162.** L(+)-Arginine Hydrochloride, 98+%, ACROS Organics™ 500g L(+)-Arginine Hydrochloride, 98+%, ACROS Organics™ Acides aminés, Fisher Scientific Part of Thermo.
- 163.** Anses (2013b) Table Ciqual, composition nutritionnelle des aliments. In. (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : Maisons-Alfort, Fr).

- 164.** Bill I Campbell, Paul M La Bounty, ¹ et Mike Roberts, le potentiel ergogénique de l'arginine, PubMed, J Int Soc Sports Nutr. 2004 ; 1 (2): 35–38., doi: 10.1186 / 1550-2783-1-2-35.
- 165.** Laboratory Chemical Safety Summary (LCSS) DatasheetL- Alanine | C3H7NO2 | CID 5950 - structure, noms chimiques, physique, 2004-09-16.
- 166.** Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C et Wise JA (2006) The absorption of orally supplied β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 30(3 SPEC. ISS.), 279-289.
- 167.** Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J et Lancha AH (2010) Role of β -alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42.
- 168.** Décombaz J, Beaumont M, Vuichoud J, Bouisset F et Stellingwerff T (2012) Effect of slow-release β -alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. *Amino Acids* 43(1), 67-76.
- 169.** Hobson RM , Saunders B , Boule G , Harris RC , Vente C, Effets de la supplémentation en β - alanine sur la performance à l'effort, *Acides aminés*. 2012 juillet; 43 (1): 25-37. doi: 10.1007 / s00726-011-1200-z. Epub 2012 24 janvier.
- 170.** Michael Burr, Lack of Benefit of Dietary Advice to Men with Angina (in *European Journal of Clinical Nutrition*, février 2003.
- 171.** Tartibian B , Maleki BH , Abbasi A , Les effets de l'ingestion d'oméga - 3 acides gras sur la douleur perçue et symptômes externes de la douleur musculaire d'apparition retardée chez les hommes non formés, PubMed, *Clin J Sport Med*. 2009 mars; 19 (2): 115-9. doi: 10.1097 / JSM.0b013e3181.
- 172.** Bakhtyar Tartibian , Behzad Hajizadeh Maleki, Jill Kanaley et Karim Sadeghi, l'exercice aérobie à long terme et la supplémentation en Oméga 3, 15 octobre 2011 doi: 10.1186 / 1743-7075-8-71, PMID: 21999620.
- 173.** Mickleborough TD , MR Lindley , GS Montgomery , Effet de l'huile de poisson - oméga dérivés - 3 supplémentation en acides gras poly - insaturés sur l'exercice - bronchoconstriction induite et la fonction immunitaire chez les athlètes, *Phys Sportsmed*. Décembre 2008; 36 (1): 11-7. doi: 10.3810 / psm.2008.12.7.
- 174.** DeFina LF , Marcoux LG , Devers SM , Cleaver JP , Willis BL, Effets de la supplémentation en oméga - 3 en combinaison avec un régime alimentaire et l'exercice sur

la perte de poids et la composition corporelle, *Am J Clin Nutr.* 2011 février; 93 (2): 455-62. doi: 10.3945 / ajcn.110.002741. Epub 2010 15 décembre.

175. CESANO A., VISONNEAU S., SCIMECA J.A., KRITCHEVSKYD., SANTOLI D. : Opposite effects of linoleic acid and conjugated linoleic acid on human prostatic cancer in SCID mice. *Anticancer Res.*, 1998, 18, 1429-1434.
176. Danilo Domingues Millen, Mario De Beni Arrigoni, Rodrigo Dias Lauritano Pacheco, . Graisses dans les aliments pour animaux, Le forum scientifique explore les connaissances sur les ALC . *Informer* . 1998 ; 9 (1): 69–73 .
177. PARIZA M.W., PARK Y., COOK M.E. : The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.*, 2001, 40, 283- 298.
178. CORINO C., MOUROT J., MAGNI S., PASTORELLI G., ROSI F. : Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 2002, 80, 1020-1028.
179. Houseknecht KL , JP Vanden Heuvel , SY Moya-Camarena , CP Portocarrero , LW Peck , KP Nickel , MA Belury , l'acide linoléique capable de normaliser la tolérance au glucose altérée et d'améliorer l'hyperinsulinémie, *Biochem Biophys Res Commun.* 27 mars 1998; 244 (3): 678-82.
180. KRITCHEVSKY D., TEPPER S.A., WRIGHT S., TSO P., CZARNECKI S.K. : Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits . *J. Am. Coll.Nutr.*, 2000, 19, 472S-477S
181. Rumenic bovinic acide (acide, l'acide linoléique conjugué, ALC) molécule d'acide gras, molekuul.be / Alamy Banque D'Images, 2005.
182. Smedman A , Vessby B, . Supplémentation en acide linoléique conjugué chez l'homme - effets métaboliques, *PubMed, Lipides.* 2001 août; 36 (8): 773-81.
183. Mougios V, Matsakas A, Petridou A, et al. Effect of supplementation with conjugated linoleic acid on human serum lipids and body fat. *J Nutr Biochem* 2001;12:585–94.
184. Blankson H, Stakkestad JA, Fagertun H, Thom E, Wadstein J, Gudmundsen O. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J Nutr* 2000;130:2943–8.
185. Park Y, Storkson JM, Albright KJ, Liu W, ParizaMW.Evidence that the trans-10,cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids* 1999;34:235–41.
186. West DB, Delany JP, CametPM,Blohm F, TruettAA,Scimeca J. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am J Physiol* 1998 ; 275 : R667–72.
187. DeLany JP, Blohm F, Truett AA, Scimeca JA, West DB. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am J Physiol* 1999 ; 276 : R1172–9.

- 188.** Choi YJ, Kim YC, Han YB, Park Y, Pariza MW, Ntambi JM. The trans 10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid downregulates stearoyl-CoA desaturase gene expression in 3T3-L1 adipocytes *J Nutr* 2000;130: 1920-4.
- 189.** Park Y, Pariza MW. The effects of dietary conjugated nonadecadienoic acid on body composition in mice. *Biochim Biophys Acta* 2001;1533 : 171-4.
- 190.** Park Y, Pariza MW. Lipoxygenase inhibitors inhibit heparin-releasable lipoprotein lipase activity in 3T3-L1 adipocytes and enhance body fat reduction in mice by conjugated linoleic acid. *Biochim Biophys Acta* 2001;1534:27-33.
- 191.** Belury MA, Mahon A, Banni S. The conjugated linoleic acid (CLA) isomer, t10c12-CLA, is inversely associated with changes in body weight and serum leptin in subjects with type 2 diabetes mellitus. *J Nutr* 2003;133:257S-60S.
- 192.** Zambell KL, Keim NL, Van Loan MD, et al. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. *Lipids* 2000;35:777-82.
- 193.** Vogler BK, Pittler MH, Ernst E. The efficacy of ginseng. A systematic review of randomised clinical trials. *Eur J Clin Pharmacol* 1999 ; 55 (8) : 567-75.
- 194.** Bratman S, Kroll DJ. The Natural Pharmacist. [En ligne.] Adresse URL : <http://www.tnp.com/professionals/monographs/substance/24/222/> (page consultée le 15 août 2001).
- 195.** Lieberman HR. The effects of ginseng, ephedrine and caffeine on cognitive performance, mood and energy. *Nutr Rev* 2001 ; 59 (4) : 91-102.
- 196.** Harkey MR, Henderson GL, Gershwin ME, et al. Variability in commercial ginseng products: an analysis of 25 preparations. *Am J Clin Nutr* 2001 ; 73 (6) : 1101-6.
- 197.** Vuksan V, Stevenpiper JL, Koo VY, et al. American ginseng (*Panax quinquefolius* L) reduces postprandial glycemia in nondiabetic subjects and in subjects with type 2 diabetes mellitus. *Arch Intern Med* 2000 ; 160 : 1009-13.
- 198.** Scaglione F, Ferrara F, Dugnani S, et al. Immunomodulatory effects of two extracts of *Panax ginseng* C.A.Meyer. *Drugs Exp Clin Res* 1990 ; 16 (10) : 537-42.
- 199.** Muller JL, Clauson KA. Top herbal products encountered in drug information requests (Part 1). *Drug Benefit Trends* 1998 ; 10 (5). [En ligne.] Adresse URL : <http://medscape.com/SCP/DBT/public/journal.DBT.html> (page consultée le 2 août 2001).
- 200.** Gillis CN. *Panax ginseng* pharmacology: a nitric oxide link? *Biochem Pharmacol* 1997 ; 54 (1) : 1-8.
- 201.** Chen X. Cardiovascular protection by ginsenosides and their nitric oxide releasing action. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1996 ; 23 (8) : 728-32.
- 202.** Tamaoki J, Nakata J, Kawatani K, et al. Ginsenoside-induced relaxation of human bronchial smooth muscle via release of nitric oxide. *Br J Pharmacol* 2000 ; 130 (8) : 1859-64.
- 203.** Allen LV, Berardi RR, DeSimone EM, et al. *Handbook of Nonprescription Drugs*. 12e éd. Washington : American Pharmacological Association, 2000 : 975.

- 204.** Walker TB, Robergs RA. Does *Rhodiola rosea* possess ergogenic properties? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006 Jun;16(3):305-15.
- 205.** Take a look at ginseng. *Nursing* 2001 ; 31 (1) : 28-30.
- 206.** Michèle Serrand, ginseng : milles ans de bienfaits, découvrez les pouvoirs étonnants d'une plante millénaire : pour prévenir et guérir des dizaines de troubles retrouver forme et vitalité, Alpen édition, P 31, 2005.
- 207.** Manaud P., Le guaraná, thèse de doctorat en pharmacie, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, France, 1986.
- 208.** Lleras E., Species of *Paullinia* with economic potential, in: *Neglected Crops: 1492 from a different perspective*, Hernándo Bermejo J.E., León J. (Eds.), Plant Production and Protection Series No 26, FAO, Rome, Italy, 1994, pp. 223–228.
- 209.** Pr L. Cynober, Dr J. Fricker, la vérité sur les compléments alimentaires, Odile Jacob, ISBN 978-2-7381-9888-4, P 240, Février 2010.
- 210.** Walker TB, Robergs RA. Does *Rhodiola rosea* possess ergogenic properties? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006 Jun ; 16(3):305-15.
- 211.** Spasov AA, Wikman GK, et al. A double-blind, placebo-controlled pilot study of the stimulating and adaptogenic effect of *Rhodiola rosea* SHR-5 extract on the fatigue of students caused by stress during an examination period with a repeated low-dose regimen. *Phytomedicine.* 2000 Apr ; 7(2):85-9.
- 212.** De Bock K, Eijnde BO, et al. Acute *Rhodiola rosea* intake can improve endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004 Jun ; 14(3):298-307.
- 213.** Extract of *Rhodiola rosea* radix reduces the level of C-reactive protein and creatinine kinase in the blood. Abidov M, Grachev S, et al. *Bull Exp Biol Med.* 2004 Jul ; 138 (1): 63-4.
- 214.** Lack of effect of *Rhodiola* or oxygenated water supplementation on hypoxemia and oxidative stress. Wing SL, Askew EW, et al. *Wilderness Environ Med.* 2003 Spring ; 14(1):9-16.
- 215.** Colson SN, Wyatt FB, et al. *Cordyceps sinensis*- and *Rhodiola rosea*-based supplementation in male cyclists and its effect on muscle tissue oxygen saturation. *J Strength Cond Res.* 2005 May; 19(2):358-63.
- 216.** Failure of *Rhodiola rosea* to alter skeletal muscle phosphate kinetics in trained men. Walker TB, Altobelli SA, et al. *Metabolism.* 2007 Aug ; 56(8):1111-7.
- 217.** Falquet J., Hurni J.-P., 2006 - Spiruline aspects nutritionnels. Antenna Technologies, Genève.
- 218.** Gershwin M.E., Belay A., 2007 - Spirulina in human nutrition and health. CRC Press
- 219.** Isabelle Eustache, la spiruline une source de protéines, octobre 2018.
- 220.** Appert Stéphan, le sportif de la physiologie à la nutrition, de la prise en charge de la blessure au rôle du pharmacien dans la lutte contre le dopage, Juin 2017, P46.

221. Mlle Joséphine DOLLE, importance de la supplémentation vitaminique chez les patients opérés de chirurgie bariatrique, Juillet 2015, P 18.
222. Nutrition Clinique pratique, Jean-Louis Schlienger, 2011, P142.
223. M OTT Thibault, rôle du pharmacien d'officine dans le conseil diététique du sportif d'endurance, Mai 2014 ; P 101.
224. Dr Elie Lobel, Doctissimo nutrition, la bonne dose des minéraux et d'oligoéléments, 27 juin 2014.
225. Le groupe bouger manger, université catholique de Louvain, un guide pour être bien dans son corps et dans son assiette, 2011.
226. Mlle Fatima Zohra Jamal, la consommation des compléments alimentaires au Maroc, thèse pour obtenir le titre docteur en pharmacie, en 2015, P45.
227. Dr Elie Lobel, Nutrition, la bonne dose des minéraux et d'oligoéléments, 27 juin 2014.
228. D Riché, Pratique sportive et oligoéléments: conséquences nutritionnelles, Nutrition and sports: trace élément rééquipements, Sciences Direct, Volume 11, Issue 4, 1996, Pages 211-222°).
229. Dr Michel de Sarrieu, Oméga-6, les alliés de votre forme, 20 avril 2016.
230. Tarnopolsky M (1998) Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review. Clin J Sport Med 8(4), 286-297.
231. Tarnopolsky MA et Beal MF (2001) Potential for creatine and other therapies targeting cellular energy dysfunction in neurological disorders. Annals of Neurology 49(5), 561-574.
232. Walker JB (1979) Creatine: biosynthesis, regulation, and function. Advances in enzymology and related areas of molecular biology 50, 177-242.
233. CanStock Photo, chimique, metabolism, structure, & creatine, molécule, 2d, formule, muscle, vraster, 3d. 22 Juillet 2012. 2 533 images.
234. Christie DL (2007) Functional insights into the creatine transporter. Sub-cellular biochemistry 46, 99-118.
235. Smith RN, Agharkar AS et Gonzales EB (2014) A review of creatine supplementation in age-related diseases: more than a supplement for athletes. F1000Res 3, 222.
236. Poortmans JR, Rawson ES, Burke LM, Stear SJ et Castell LM (2010) A-Z of nutritional supplements: Dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 11. British Journal of Sports Medicine 44(10), 765-766.
237. L'agence nationale de sécurité sanitaire alimentation de l'environnement et du travail, connaitre-évaluer-protéger, les compléments alimentaires aux sportifs, Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective, Novembre 2016.
238. Justine, Odile, Carole PASTRE, intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, université Paul-Sabatier de Toulouse, présentée et soutenue publiquement en 2005.
239. Lculig, Structure 3D de Citrulline, un alfa-aminoacide, Banque d'images - Structure 3D de Citrulline, image ID : 69471014.

240. Sévaux Grégoire, compléments alimentaires et allégations santé : évolution législative et réglementaire, Octobre 2014, P 62.
241. Image vectorielle libre de droits Taurine (tau) - formule chimique et ... isolé sur fond blanc, DepositPhotos,vector, eps 8 — Vecteur par logos2012| ID: 50849521.
242. Catherine MAINGUET, DGCCRF, bureau « Sécurité et réseaux d'alerte », arômes alimentaires et Réglementation.
243. Anses (2013a) Avis relatif à l'évaluation des risques liés à la consommation de boissons dites "énergisantes". Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort, Fr.
244. Heckman MA, Weil J et de Mejia EG (2010) Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: A comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters. *Journal of Food Science* 75(3), R77-R87.
245. Bartosz Łuka, La structure chimique de molécule de caféine. La formule structurelle de la caféine avec des grains de café brun foncé. Banque d'images, image ID : 66569757.
246. Guide pratique N°30: denrées alimentaires, règles de composition, Ecocert Organic Standard, P 09.
247. Hathcock JN et Shao A (2006) Risk assessment for carnitine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 46(1), 23-28.
248. Liliya Kapura, Carnitine (L-carnitine) molecule. Structural chemical formula and molecule model. Vector illustration, Banque d'images, image ID : 105290993.
249. Hugo Méas, L-carnitine : Simple complément alimentaire ou médicament ? de son importance biochimique à son potentiel thérapeutique, thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de Nantes, P 77, mai 2003.
250. Stuart AS Craig, Bétaine dans l'alimentation humaine, *Journal américain de nutrition clinique* , volume 80, numéro 3, novembre 2004, pages 539.
251. Roblin X, Pofelski J, Zarski J-P. Rôle de l'homocystéine au cours de la stéatose hépatique et de l'hépatite chronique C. /data/revues/03998320/00310004/415/ [Internet]. 26 mars 2008 [cité 25 mars 2019] ; Disponible sur : <https://www.em-consulte.com/en/article/130186>.
252. Liliya Kapura, Betaine, (glycine, betaine, trimethylglycine), Banques d'images, image ID : 102898144.
253. MF Abdelmalek, P Angulo, RA Jorgensen, choline et bétaine dans l'alimentation humaine, SpringerLink, Février 2011, Volume 34, numéro 1 , p. 3–15.
254. Valery M. Dembitsky , glycérolipides liés à l'éther de bétaine, ScienceDirect, Volume 35, Issue 1, Mars 1996 , pages 1-51.
255. Boulos Haraoui, M.D., FRCPC, et Michèle Ouellet, B.Sc, le clinicien, la glucosamine dans le traitement de l'arthrose : efficace ? février 2003.
256. Liliya Kapura, Glucosamine molécule, Banques d'images, image ID : 99887406.
257. Société française de nutrition du sport (SFNS), comité scientifique, l'usage des compléments et suppléments alimentaires chez les sportifs, juin 2009.

258. Laurène Genevey, Claire Schutz, législation des compléments alimentaires, étude des compositions de deux types de compléments alimentaires, Sciences pharmaceutiques, P 182.
259. Coralie Laffargue, intérêts des pro-biotiques dans la prévention des pathologies et conseils en officine, pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie, 21 janvier 2015, P 44.45.
260. Andrew W.Nichols, probiotiques et performance sportive : une revue systématique, Springer Link, Août 2007, Volume 6, Numéro 4 , pp 269–273.
261. E Deblock, Kéfir, super aliment pour sportifs, Juin 2015.
262. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines, Team : Francisco Guarner-Aamir G. Khan-James Garisch-Rami Eliakim-Alfred Gangl-Alan Thomson-Justus Krabshuis-Ton Lemair-Jean-Jacques Gonvers, probiotiques et prébiotiques, Octobre 2011, P 05.
263. Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M et Rennie MJ (1999) Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology* 86(6), 1770-1777.
264. Christine Taddei P. Aimar G. Daufin V. Sanchez, étude de transfert de matière lors de l'ultrafiltration de lactosérum doux sur membrane minérale, archives ouvertes, 1986, 66 (4), pp.371-390.
265. Anses (2013b) Table Ciqual, composition nutritionnelle des aliments. In. (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail: Maisons-Alfort, Fr).
266. Linden G et Lorient D. (1994). *Biochimie agro industrielle ; valorisation alimentaire de la Production agricole*. Masson Paris Milan Barcelone.
267. Christine Taddei, Aimar P, Daufin G. et Sanchez V. (1986). Etude du transfert de Matière lors de l'ultrafiltration de lactosérum doux sur membrane minérale; le lait, 66(4), 371-390.
268. Fu PP , Chiang HM , Xia Q , Chen T , Chen BH , Yin JJ , Wen KC , Lin G , Yu H , *Assurance qualité et sécurité des compléments alimentaires à base de plantes*, *PubMed*, *J Environ Sci Santé C Environ Carcinog Ecotoxicol Rév.* 2009 avril; 27 (2): 91-119. doi: 10.1080 / 10590500902885676.
269. T. Huppertz, P.F. Fox, A. L. K. in *Proteins in Food Processing* 49–92 (2018). doi:<https://doi-org.acces.bibl.ulaval.ca/10.1016/B978-0-08-100722-8.00004-8>.
270. Caroline Mascret, la réglementation sur des allégations santé sur les compléments alimentaires, Elsevier Masson, Novembre 2014, Pages 59-60, Doi: 10.1016 / j.actpha.2014.09.013.
271. France Agri Mer d'après Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum. V. Jacquet Violleau (1999). FranceAgriMer Septembre 2013 ; numéro 02.
272. JM peres, S bouhallab, F bureau. absorption digestive du fer lié au caséinophosphopeptide 1-25 de la beta caséine. INRA Elsevier. 1997.

273. Pr Luc Cynober, *compléments alimentaires, alicament, médicament, qui est qui ? ou faust révisité*, Pages 15-21, Doi: CND-02-2008-43-1-0007-9960-101019-200800698.
274. Sabrina Loufrani-Fedida, Les compétences fonctionnelles et d'interaction: Des compétences essentielles aux projets de développement de nouveaux produits, *Revue Française de Gestion Industrielle*, Juin 2015.
275. D.Baelde, *Actualités de la législation européenne en matière d'aliments et d'allégations santé*, Elsevier Masson, Pages 296-299, DOI :10.1016 / j.pharma.2008.06.004.
276. Synadiet, syndicat national des compléments alimentaires, charte de qualité et référentiel qualité relatifs aux compléments alimentaires, Version 5, avril 2015.
277. Synadiet, syndicat national des compléments alimentaires, les compléments alimentaires, fabrication et commercialisation, 2014 disponible sur le site : <http://www.synadiet.org/les-complements-alimentaires/fabrication-commercialisation>.
278. L.Bureau, veille réglementaire, synthèses et commentaires, SpringerLink, Octobre 2008, Volume 6, numéro 5 , pp 312–315.
279. Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C et Wise JA (2006) The absorption of orally supplied β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 30(3 SPEC. ISS.), 279-289.
280. N. Baume P. Mangin, M Saugy, compléments alimentaires : phénomène de société et problématique dans le monde antidopage, *Rev Med Suisse*, 2004, volume 0. 23942.
281. L'agence nationale de sécurité sanitaire alimentation de l'environnement et du travail, connaitre-évaluer-protéger, définition et rôles de l'agence, le 05 Avril 2019.
282. Koshy KM, Griswold E, Schneeberger EE et Thompson RW (1999) Interstitial nephritis in a patient taking creatine [4] (multiple letters). *New England Journal of Medicine* 340(10), 814-815.
283. Lugaresi R, Leme M, de Salles Painelli V, Murai IH, Roschel H, Sapienza MT, Lancha Junior AH et Gualano B (2013) Does long-term creatine supplementation impair kidney function in resistance-trained individuals consuming a high-protein diet? *J Int Soc Sports Nutr* 10(1), 26.
284. Pritchard NR et Kalra PA (1998) Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *Lancet* 351(9111), 1252-1253.
285. Olympia Dori, Antoine Humbert, Daniel Teta, Pr Michael Burnier, risques rénaux des compléments alimentaires, service de néphrologie département de médecine, CHUV, 1011 Lausanne, une cause ignorée, *Rev Med Suisse* 2014,10 : 498-503.
286. Chen X, Shen L, Gu X, Dai X, Zhang L, Xu Y, Zhou P, Haute - dose Supplémentation avec la vitamine C - Urolithiase pédiatrique induite, PubMed, *Urologie*. Octobre 2014; 84 (4): 922-4. doi: 10.1016 / j.urology.2014.07.021.
287. Compléments alimentaires, phytothérapie méfiance, fondation contre le cancer, disponible sur : [<https://www.cancer.be/nouvelles/compl-ments-alimentaires-phytoth-rapie-m-fiance>], publié le 07 octobre 2014, consulté le 19/02/2019.

- 288.** Navarro et al. Liver injury from herbals and dietary supplements in the U.S. Drug-Induced Liver Injury Network. Hepatology, dommage au foie causes par les plantes médicinales et les compléments alimentaires dans le réseau américain des de lésions hépatiques induits par un médicament, publié le 24 août 2014, PMID25043597.
- 289.** Avelar-Escobar G, Méndez-Navarro J, Ortiz-Olvera NX, Castellanos G, Ramos R, Gallardo- Cabrera VE, Vargas-Alemán JJ, de León OD, Rodríguez EV et Dehesa-Violante M (2012) Hepatotoxicity associated with dietary energy supplements: Use and abuse by young athletes. Annals of Hepatology 11(4), 564-569.
- 290.** Martin JJ Ronis, Kim B. Pedersen, James Watt, effets indésirables des nutraceutiques et des compléments diétaires, centre national d'information sur la biotechnologie (NCBI), publié le 06 octobre 2017, PMID 28992429.
- 291.** Whitt KN, Ward SC, Deniz K, Liu L, Odin JA et Qin L (2008) Cholestatic liver injury associated with whey protein and creatine supplements. Seminars in Liver Disease 28(2), 226-231.
- 292.** Guy Dutau, allergies au miel et aux produits de la ruche, phytothérapie, Springer 2009, clinique, formation continue, juillet 2009, 106-111.
- 293.** Jean-Philippe Borges, caractérisation structurale et immunologique d'allergènes alimentaires: les protéines de transfert de lipides de fruits, thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université Toulouse III, discipline Immunologie, soutenue le 21 mars 2008, 159 P.
- 294.** Fabienne Rancé (hôpital des enfants 330 avenue de grande Bretagne, 31026 Toulouse), et Marie Françoise-Fardeau (pavillons de l'Arc bat, 13290 les milles), dossier allergie, les allergies alimentaires : qui tester ? que tester ? comment tester ? consulté le 21/02/2019.
- 295.** Caroline Etienne, Charlotte Nicolas, les allergies et intolérances alimentaires : comment les gérer au quotidien? Centre d'Information et de Recherche sur les Intolérances et l'Hygiène Alimentaires (CIRIHA), service publique fédérale santé publique sécurité de la chaîne alimentaire et environnement, 2011, 45 P.
- 296.** Carine Dubuisson, Sébastien Lavelle, Ambroise Martin, allergies alimentaires : états des lieux et propositions d'orientations, agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), janvier 2002, 100 P.
- 297.** Aline Fabre, Aurélie Cerdane, Martin Culis, nutrition et santé, environnement de la femme enceinte et allaitante, comité développement durable santé, c2ds, édition 2012.
- 298.** Pr Jean-Philippe, la santé vient en mangeant et en bougeant, le guide nutrition pendant et après la grossesse, guides alimentaires du programme national nutrition-santé, agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), septembre 2007, 50 P.
- 299.** Drug Interaction Cheker, Chek your brand and generics drugs, médicaments alcools interactions, 10 aout 2015.
- 300.** Sport, médicaments et dopage, les médicaments gênant la pratique sportive, Vidal, EurekaSanté, publié le : 07 Février 2018.

- 301.** J. Calop, S. Limat, C. Fernandez, G. Aulagner, *Pharmacie clinique et thérapeutique*, Elsevier Masson, Juin 2013, Pages 145, Volume 48, n° 2, Doi : 10.1016/j.phclin.2013.04.004.
- 302.** Delphine W, Sport et prise médicaments compatibles ? Quels médicaments pour quels effets indésirables ? Santé sur le net, Publié le : 20 Mars 2017.
- 303.** Qusada Hamida, motivations des étudiants universitaires vers les activités sportives, Journal des sciences et pratiques des activités physiques et mathématiques, Numéro 05, 2015.
- 304.** Fouàad Nouar, panorama du marché du travail en Algérie, nouvelles tendances et nouveaux défis, Revue Algérienne d'Anthropologie et Sciences Sociales, P31-50, 55-56 2012.
- 305.** Tahar HAFFAD, Naïma DOUDOU, la montée du célibat chez les jeunes algériens, Revue des lettres et des sciences sociales, Dépôt Dspace, Numéro 17 Septembre 2013, N°17-2013.
- 306.** Stuart M. Phillips, Jason E. Tang, et Daniel R. Moore, « The Role of Milk- and Soy-Based Protein in Support of Muscle Protein Synthesis and Muscle Protein Accretion in Young and Elderly Persons », Journal of the American College of Nutrition 28, n° 4 (1 août 2009): 343-54, <https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718096>.
- 307.** Thibaut de Saint Pol, Comment jauger la corpulence et le seuil au-delà duquel un individu peut être considéré comme obèse ? ... croisés sur l'obésité, Éditions de Santé/Presses de Sciences Po Paris, 2014, p.23. 5.
- 308.** Compléments alimentaires destinés aux sportifs : des risques pour la santé pour des bénéfices incertains | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail », consulté le 9 mai 2019.
- 309.** Valérie Guagliardo, Patrick Peretti-Watel, Jacques Pruvost, Pierre Verger, Yolande Obadia, tabac alcool cannabis et le sport de haut niveau, Observatoire régional de la santé de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Marseille, 2Inserm U379, Institut Paoli Calmettes, Marseille 3Direction régionale et départementale de la jeunesse et des sports, 2002.
- 310.** Ruddy Richard, « Nutrition du sportif, apports macronutritionnels en fonction des disciplines », Nutrition Clinique et Métabolisme, Les enjeux de l'activité physique : de l'enfant au sénior, du sportif au malade, 28, n° 4 (1 décembre 2014): 272-78, <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2014.10.010>.
- 311.** Sébastien Bame, combien de fois faut-il entaîner chaque muscle, pas de fréquence magique, le 28/03/2014.
- 312.** Mega Cear, Quel sport complémentaire à la musculation, The Best Cear Ever, la musculation est elle un sport ? publié le 01/12/2015.
- 313.** Mlle Fatima Zohra Jamal, la consommation des compléments alimentaires au Maroc en 2015, thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, université de Mohamed V-Rabat, faculté de médecine et de pharmacie, 2016, 100 P.

- 314.** Cédric Jourdan, Top 5 des compléments alimentaires pour la prise de masse, Quels sont les meilleurs pour la prise de poids, publié en 2017.
- 315.** Timothy S. Church et al., « Effects of Aerobic and Resistance Training on Hemoglobin A1c Levels in Patients With Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial », *JAMA* 304, n° 20 (24 novembre 2010): 2253-62, <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1710>.
- 316.** Baroudi Ilham, Les avantages et les inconvénients de la publicité, 23 Octobre 2013.
- 317.** Ganesh N. Dakhale, Harshal V. Chaudhari, et Meena Shrivastava, « Supplementation of Vitamin C Reduces Blood Glucose and Improves Glycosylated Hemoglobin in Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized, Double-Blind Study », Research article, *Advances in Pharmacological Sciences*, 2011, <https://doi.org/10.1155/2011/195271>.
- 318.** Daren A. Scroggie, Allison Albright, et Mark D. Harris, « The Effect of Glucosamine-Chondroitin Supplementation on Glycosylated Hemoglobin Levels in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus: A Placebo-Controlled, Double-Blinded, Randomized Clinical Trial », *Archives of Internal Medicine* 163, n° 13 (14 juillet 2003): 1587-90, <https://doi.org/10.1001/archinte.163.13.1587>.
- 319.** Sushil K. Jain et al., « L-cysteine supplementation lowers blood glucose, glycated hemoglobin, CRP, MCP-1, oxidative stress and inhibits NFkB activation in the livers of Zucker diabetic rats », *Free radical biology & medicine* 46, n° 12 (15 juin 2009): 1633-38, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.03.014>.
- 320.** Sushil K. Jain, Justin L. Rains, et Jennifer L. Croad, « Effect of Chromium Niacinate and Chromium Picolinate Supplementation on Lipid Peroxidation, TNF- α , IL-6, CRP, Glycated Hemoglobin, Triglycerides and Cholesterol Levels in blood of Streptozotocin-treated Diabetic Rats », *Free radical biology & medicine* 43, n° 8 (15 octobre 2007): 1124-31, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.019>.
- 321.** Paola Brancaccio, Nicola Maffulli, et Francesco Mario Limongelli, « Creatine Kinase Monitoring in Sport Medicine », *British Medical Bulletin* 81-82, n° 1 (1 janvier 2007): 209-30, <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>.
- 322.** Cheng-Chen Hsu et al., « American ginseng supplementation attenuates creatine kinase level induced by submaximal exercise in human beings », *World Journal of Gastroenterology* 11, n° 34 (14 septembre 2005): 5327-31, <https://doi.org/10.3748/wjg.v11.i34.5327>.
- 323.** BIOMNIS, *Precis de biopathologie analyses médicales spécialisées, Créatine kinase et isoenzymes, Biologie Médicale Spécialisée*, 2012.
- 324.** Netgen, « Risques rénaux des compléments alimentaires ».
- 325.** Knight et al., « The Impact of Protein Intake on Renal Function Decline in Women with Normal Renal Function or Mild Renal Insufficiency ».
- 326.** Fouque et al., « Low protein diets delay end stage renal disease in non diabetic adults with chronic renal failure ».

- 327.** Gualano et al., « Effects of Creatine Supplementation on Renal Function ».
- 328.** Yongsoon Park et William S. Harris, « Omega-3 Fatty Acid Supplementation Accelerates Chylomicron Triglyceride Clearance », *Journal of Lipid Research* 44, n° 3 (3 janvier 2003): 455-63, <https://doi.org/10.1194/jlr.M200282-JLR200>.
- 329.** J. Ferrières, « Facteurs de risque, lipoprotéines et activité physique et sportive », *Science & Sports* 19, n° 3 (1 juin 2004): 118-23, [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(03\)00188-6](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(03)00188-6).
- 330.** « Effect of oral vitamin C supplementation on serum uric acid: A meta-analysis of randomized controlled trials - Juraschek - 2011 - Arthritis Care & Research - Wiley Online Library », consulté le 9 mai 2019.
- 331.** H. J. Green et I. G. Fraser, « Differential Effects of Exercise Intensity on Serum Uric Acid Concentration. », *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20, n° 1 (février 1988): 55-59.
- 332.** G. P. Bianchi et al., « Nutritional effects of oral zinc supplementation in cirrhosis », *Nutrition Research* 20, n° 8 (1 août 2000): 1079-89, [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(00\)00194-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00194-9).
- 333.** Giulio Marchesini et al., « Branched-Chain Amino Acid Supplementation in Patients with Liver Diseases », *The Journal of Nutrition* 135, n° 6 (1 juin 2005): 1596S-1601S, <https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1596S>.
- 334.** Jonas Pettersson et al., « Muscular Exercise Can Cause Highly Pathological Liver Function Tests in Healthy Men », *British Journal of Clinical Pharmacology* 65, n° 2 (2008): 253-59, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2007.03001.x>.
- 335.** Andrea Zatelli et al., « Short-term effects of dietary supplementation with amino acids in dogs with proteinuric chronic kidney disease », *The Canadian Veterinary Journal* 58, n° 12 (décembre 2017): 1287-93.
- 336.** Schumacher et al., « Hematological Indices and Iron Status in Athletes of Various Sports and Performances. ».
- 337.** Anik et al., « Acute Vitamin D Intoxication Possibly Due to Faulty Production of a Multivitamin Preparation. ».
- 338.** L. Bureau, « Plantes médicinales et compléments alimentaires à base de plantes », *Phytothérapie* 13, n° 5 (1 octobre 2015): 335-44, <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0991-6>.
- 339.** Ralf Jäger et al., « Analysis of the Efficacy, Safety, and Regulatory Status of Novel Forms of Creatine », *Amino Acids* 40, n° 5 (1 mai 2011): 1369-83, <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0874-6>.
- 340.** Alex Tadeu Martins et al., « Effect of Sodium Cyclamate on the Rat Fetal Liver: A Karyometric and Stereological Study », 2005, <https://doi.org/10.4067/S0717-95022005000300005>.
- 341.** Vitafoods, comptes rendu des conférences, Syndicat national des compléments alimentaires, 2018.

342. <https://www.all-musculation.com/nutrition/quoi-qualite-produits/certifications-complements-alimentaires-haccp-iso-22000.html>
343. Organisation internationale de normalisation, Systeme de management de la sécurité des denrées alimentaires, exigences pour tout organisme appartenant aliemntaire, ISO 22000, 2018.
344. Agence fédérale des médicaments et des produits de santé, le guide GMP, une référence commune, Ms à jour le : 11/12/2018.
345. S. Takayama et al., « Long-Term Toxicity and Carcinogenicity Study of Cyclamate in Nonhuman Primates », *Toxicological Sciences* 53, n° 1 (1 janvier 2000): 33-39, <https://doi.org/10.1093/toxsci/53.1.33>.
346. Benowitz et al., « Massive Catecholamine Release From Caffeine Poisoning ».
347. Wrenn et Oschner, « Rhabdomyolysis induced by a caffeine overdose ».
348. - Kapur et Smith, « Treatment of cardiovascular collapse from caffeine overdose with lidocaine, phenylephrine, and hemodialysis ».
349. Emohare et Ratnam, « Multiple Cardiac Arrests Following an Overdose of Caffeine Complicated by Penetrating Trauma ».
350. Dalbo et al., « Putting to Rest the Myth of Creatine Supplementation Leading to Muscle Cramps and Dehydration ».
351. Greenwood et al., « Creatine Supplementation during College Football Training Does Not Increase the Incidence of Cramping or Injury ».
352. Axon et al., « Tartrazine and sunset yellow are xenoestrogens in a new screening assay to identify modulators of human oestrogen receptor transcriptional activity ».
353. - Pandir, « DNA Damage in Human Germ Cell Exposed to the Some Food Additives in Vitro ».
354. Mortensen, « Sweeteners permitted in the European Union ».
355. Athinarayanan et al., « Presence of Nanosilica (E551) in Commercial Food Products ».
356. Fruijtjer-Pölloth, « The Safety of Nanostructured Synthetic Amorphous Silica (SAS) as a Food Additive (E 551).
357. Coenen et al., « Safety evaluation of a lactase enzyme preparation derived from *Kluyveromyces lactis* ».
358. Blumenthal, « Production of toxic metabolites in *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, and *Trichoderma reesei* ».
359. G H.H, M.M M, In health risks of nutritional supplements. Biomedicales side ectcs of doping, H Michna Edit, Sport and bush, 2001, 141-145.
360. Verhaeghe, « Rôle du pharmacien dans la prévention du dopage par la prise de médicaments et de certains compléments alimentaires ».
361. L'Agence mondiale antidopage - AMA ».

ANNEXES

Annexe I

• Les viandes :

Les protéines	Les lipides	Les glucides	Les vitamines	Les minéraux
20 % (représenté principalement par la myosine-la myoalbumine) Sont des protéines d'excellente valeur biologique	(2-30 %) La teneur en matières grasses des viandes varie selon l'espèce, l'état d'engraissement de l'animal et le morceau considère	Il est négligeable	-sont riches en vitamines du groupe B -le foie est plus riche en vitamine A et D	-la meilleure source alimentaire de fer Héminique

• Les poissons :

Les protéines	Les lipides	Les glucides	Les vitamines	Les minéraux
contient- en moyenne 20 % de protéines.	0.5-15 % les lipides des poissons sont composés d'une proportion non négligeable AGMN et AGPI en particulier de la série n-3 -La teneur en cholestérol du poisson est de 50 mg à 70 mg pour 100 g.	Les coquillages contiennent un peu de glycogène	Les poissons sont une bonne source de vitamines du <i>groupe B</i> (en particulier B12) et de vitamine E. Les vitamines A et D sont également abondantes dans les poissons gras et surtout dans le foie de poisson	les poissons de mer sont plus riches en l'iode, les coquillages et les crustacés ont la particularité d'être riche en divers minéraux (Se, Ca, Zn, Fe,...)

• Les œufs :

Les protéines	Les lipides	Les glucides	Les vitamines	Les minéraux
La teneur protéique de l'œuf entier est de 14 % ce qui représente un apport de 8 g pour un œuf de 55 g. -Les protéines de l'œuf (l'ovalbumine dans le blanc et ovo-telline dans le jaune) ont une excellente valeur biologique	Les lipides représentent 12 % de l'œuf entier. Ils sont contenus uniquement dans le jaune et comportent une forte proportion de phospholipides. Le jaune d'œuf est d'autre part une source importante de <i>cholestérol</i> (1 500 mg environ pour 100 g soit 300 mg pour 1 jaune)	Négligeable	-L'œuf est une bonne source de vitamines du groupe B et pour le jaune de <i>vitamines A et D</i> .	Le jaune d'œuf est riche en phosphore et en fer

• Lait :

Les protéines	Les lipides	Les glucides	Les vitamines	Les minéraux
-35g des protéines par litre de lait -Il s'agit principalement de caséine, de lactalbumine et de lactoglobuline, ces protéines sont de très bonnes valeurs biologiques	-36 g par litre de lait entier -AGS 60-65% -AGMIS 32 % -AG essentiel 3 % -AG à chaîne courte ou moyenne 11% -cholestérol	Représentée par lactose 50 g/L -le lactose favorise l'absorption de calcium	Presque toutes les vitamines du groupe B sont présentés - vitamine A et D	-Calcium 1200 mg/l Il est mieux utilise par l'organisme car le lait apporte en même temps du phosphore (rapport Ca/P = 1,4) et de la vitamine D -Na, K, Cl, Cu

• **Les fromages :**

Les protéines	Les lipides	Les glucides	Les vitamines	Les minéraux
8 a 10 % dans un fromage frais, 20 a 24 % dans les fromages a pate molle et 28 a 30 % dans les fromages a pate pressée	La totalité des lipides du lait est conservée dans les fromages	Le lactose est presque totalement éliminé lors de l'égouttage. La quantité restante est transformée en acide lactique lors de l'affinage	La teneur en vitamine A des fromages est proportionnelle à leur teneur en matières grasses. Les fromages bleus sont de bonnes sources de vitamines du groupe B (les moisissures en réalisent la synthèse	L'apport en calcium et en phosphore dépend du mode de fabrication des fromages

• **Les légumes :**

Les protéines	Les glucides	Les lipides	Les vitamines	Les minéraux
	un apport en glucides modéré : 1 a 6 % pour les parties aériennes des plantes (salades, épinards, courgettes, tomates...) et 9 % environ pour les racines (carottes, céleri...).		Les légumes sont riches en vitamines hydrosolubles : vitamine C (choux, légumes a feuilles, tomates), provitamine A ou beta-carotène (partie colorée des plantes : légumes a feuilles vertes, carottes...) et vitamines du groupe B.	Les légumes représentent un apport important de potassium. On y trouve également du calcium (surtout dans les choux), du magnésium, du fer et du cuivre (légumes a feuilles type épinard), du soufre (choux, oignons, ail, poireaux, navets, radis) et de nombreuses autres matières minérales

• **Les fruits :**

Les protéines	Les glucides	Les lipides	Les vitamines	Les minéraux
Les fruits oléagineux (noix, noisettes, amandes, cacahuètes, noix de cajou) représentent un apport important de protéines (10 à 15 %).	Les fruits secs (raisins, pruneaux, bananes, pommes, poires) renferment en moyenne 73 % de glucides assimilables	Les noix et les noisettes sont riches en acides gras insaturés (poly ou mono). Les fruits oléagineux (noix, noisettes, amandes, cacahuètes, noix de cajou) représentent un apport important de lipides (plus de 50 %)	Les fruits séchés constituent une bonne source de vitamines A et C. L'intérêt principal des fruits réside dans leur richesse en vitamines. Les plus riches en vitamine C sont les fruits acides (agrumes, groseilles, cassis, fraises...), les plus riches en carotène sont les fruits colorés (abricots, pêches, myrtilles, cassis...).	Les fruits oléagineux représentent par ailleurs une bonne source de minéraux (calcium, magnésium, fer)

• **Les céréales :**

Les protéines	Les glucides	Les lipides	Les vitamines	Les minéraux
Les farines apportent en moyenne 10 % de protéines, le pain 7 à 8 %, le riz et les pâtes alimentaires 10 %. Ces protéines sont pauvres en lysine. En leur associant des produits laitiers ou des œufs, riches en cet acide aminé, on augmente	Cette catégorie d'aliments est principalement source d'amidon : 74 % dans les farines, 72-73 % dans les pâtes alimentaires et les biscottes, 55 % dans le pain et 80 % dans le riz. Les Céréales et farines complètes apportent en plus des fibres. Le		Les céréales et leurs dérivés sont pauvres en calcium. Elles apportent beaucoup de Phosphore, pour les 3/4 sous forme d'acide phytique dans les produits à base de farines complètes. Ce type d'aliments apporte du fer et du magnésium malheureusement mal absorbé	Il s'agit essentiellement de vitamines du groupe B (B1, B2, PP). Les teneurs sont plus élevées dans les céréales et farines complètes. Cependant la présence d'acide phytique et de son peut nuire à leur absorption.

notablement leur valeur biologique	son de blé se compose Principalement d'hémicellulose et de cellulose.
------------------------------------	---

• **Les légumes secs**

Les protéines	Les glucides	Les lipides	Les vitamines	Les minéraux
Les légumes secs apportent 24 % de protéines. Ces protéines sont pauvres en méthionine ; leur valeur biologique est donc moins bonne que celle de la viande, du poisson, des œufs ou des Produits laitiers. Il est intéressant d'associer des céréales aux légumes secs afin de les Compléter mutuellement en leur acide amine déficitaire. Cette association est indispensable Dans une alimentation strictement végétalienne.	Les légumes secs sont riches en fibres (12 % a 25 % du poids sec), ce qui rend leur digestibilité parfois difficile		La consommation des légumes secs nécessite une cuisson plus Longue préjudiciable a leur apport en vitamines.	Les minéraux des légumes secs sont mal absorbés (le taux d'absorption intestinale du fer est d'environ 3 %). Cependant il faut rappeler que le fer non héminique représente 85 % a 90 % du fer alimentaire et que son absorption augmente lorsqu'il existe un déficit du statut en fer de l'organisme

• **Le soja et l'arachide**

Les protéines	Les glucides	Les lipides	Les vitamines	Les minéraux
L'industrie extrait les protéines du soja et fabrique des produits (textures) rappelant la viande		Ils apportent en plus des lipides (respectivement 18 % et 45 %).		

• **Les aliments gras :**

Aliment	Les lipides totaux g/100g	AG (% des AG totaux)		
		Saturé	Mono-insaturé	Poly- insaturé
Beurre	83	67.3	30.1	2.6
Crème	33.5	67.3	30.1	2.6
Saindoux	99	45.7	44.6	9.6
Graisse d'oie	99	28.6	59.8	11.5
Margarine	82.5	18	39.7	42.3
(tournesol)	82.5	17.5	42.1	40.4
Margarine (mais)				

Annexe II

• Vitamines liposolubles :

Vitamines	Sources alimentaires	Fonctions physiologiques
A	Huile de poisson, foie, beurre, jaune d'œuf	Vision, immunité, croissance
D	Huile de foie de morue, jaune d'œuf, poisson gras, foie	Homéostasie calcique, immunité, régulation génomique
E	Légumes verts, germe de blé, huiles végétales	Action antioxydante
K	Légumes verts, foie, œuf	Hémostase, métabolisme osseux

• Vitamines hydrosolubles :

Vitamines	Sources alimentaires	Fonctions physiologiques
B1 (Thiamine)	Levure, blé, maïs, cuticule de riz	Décarboxylation, transcétolisation Néoglucogenèse
B2 (Riboflavine)	Lait, abats, enveloppes de graines	Oxydoréduction, synthèse du glutathion, métabolismes lipidique, glucidique et protidique
B3 (Niacine)	Abats, viande, son de blé, levure de bière	Oxydoréduction, métabolisme cellulaire, immunomodulation
B5 (Acide pantothénique)	Abats, jaune d'œufs, cuticule de riz, levure de bière	Métabolismes protidique, glucidique et lipidique (synthèse d'acides gras et stéroïdes)
B6 (Pyridoxine)	Viande, abats, jaune d'œuf, germe de blé	Transamination, décarboxylation, métabolisme des AA, sphingolipides, neurotransmetteurs, homocystéine
B8 (Biotine)	Chocolat, arachide, abats, jaune d'œuf	Carboxylation, métabolismes protidique et lipidique
B9 (Acide folique)	Légumes, abats, viande, jaune d'œuf	Métabolisme des AA, acides nucléiques, homocystéine
B12 (Cobalamine)	Viande, foie, lait, produits animaux	Métabolisme des AA, acides nucléiques, homocystéine
C (Acide)	Légumes, agrumes	Oxydoréduction, hydroxylation, action antioxydante, réparation

ascorbique)		tissulaire, métabolisme de la carnitine, synthèse des acides gras mitochondriaux, métabolisme du fer et de l'acide folique, immunité, fonctions plaquettaires, clairance hépatique
Minéraux	Rôles	Sources
Calcium	Constituant de l'os et des dents, cofacteur d'enzymes, influx nerveux, contraction musculaire, coagulation du sang, fonctionnement du muscle cardiaque.	Amandes, cresson, persils, noisettes, fruits secs, laitages, mollusques d'eau, Œufs (jaune)
Phosphore	Santé des os et des dents, minéralisation du squelette, fonctionnement des nerfs et des muscles, réaction énergétique (ATP), constitution des cellules, absorption des nutriments.	Fromage, Œufs, lait, oléagineux, chocolat, légumes secs.
Potassium	Équilibre des fluides, transmission de l'influx nerveux, contraction musculaire, automatisme cardiaque, la digestion et l'assimilation.	Légumes secs, fruits secs, viandes, poissons, banane, chocolat, cassis.
Sodium	Équilibre hydrique, hydratation des cellules, régulation de la pression artérielle, contraction musculaire, équilibre acido-basique.	Sel de cuisine, lait, œufs, poissons, conserves, viandes, fromages.
Magnésium	Fonctionnement cellulaire, l'influx nerveux, cofacteur enzymatique, production d'énergie, régulation du rythme cardiaque.	Chocolat, céréales, crustacés, oléagineux, fruits secs, riz, épinard, bananes.
Oligo-éléments	Rôles	Sources
Cuivre	Stimule les défenses immunitaires ; antibactérien ; anti-inflammatoire ; catalyseur dans la formation de	Fruits de mer, foie de veau, soja, haricots en grains, noix, amandes.

	l'hémoglobine ; stimule les fonctions cognitives ; régulations des sécrétions thyroïdiennes, corticosurrénales, et hypophysaires.	
Zinc	Stimule le système immunitaire ; synthèse des protéines ; synthèse de l'insuline ; agit sur la cicatrisation ; antioxydant.	Bœuf, foie de veau, maroilles, fruits de mer.
Sélénium	Antioxydant, stimule l'immunité, participe au fonctionnement glutathion-peroxydase, réduit les troubles de l'humeur.	Thon, sardines.
Manganèse	Synthèse de collagène, construction des os et des articulations, métabolisme des glucides, métabolisme de cholestérol.	Avoine, noix, ananas.
Fer	Fabrication des globules rouges, production de l'hémoglobine, performance intellectuelle.	•Héminique : viandes, boudin noir, foie, poisson. •Lentilles

Annexe III

- Les produits allergisants incorporés dans les compléments alimentaires :

Le produits allergisants	Remarque
protéines de lait	de par ses nombreuses propriétés et sa valeur nutritionnelle, le lait est couramment utilisé dans les aliments transformés et les compléments alimentaires. On le retrouve sous différentes formes : tel que protéines de lait (Caséine, Lactosérum), matières grasses issues du lait
Lactose	le lactose est le sucre du lait. Il est présent dans de nombreux aliments transformés, ainsi que dans de nombreux autres produits. Certaines personnes intolérantes au lactose tolèrent tout de même une certaine quantité de lactose.
Protéine des œufs	l'œuf de poule contient un grand nombre de protéines allergisantes. Il possède de nombreuses propriétés, comme sa capacité à émulsifier, et est par conséquent largement utilisé en tant qu'ingrédient et additif dans les produits alimentaires.
Arachide	du fait de ses nombreuses propriétés technologiques, l'arachide peut être fréquemment utilisée dans les produits alimentaires, mais on en retrouve également dans certains produits cosmétiques (sous forme d'huile). L'arachide possède de nombreux noms. En voici quelques-uns : arachishypogaea, arachide, cacahuète, peanuts, pistache de terre, pois de terre, pinotte
Sulfites	les sulfites sont des additifs, ils peuvent notamment être utilisés comme conservateurs et antioxydants dans les produits alimentaires. Il est possible qu'une personne ne réagisse qu'à certains de ces additifs. Son attention devra alors se porter uniquement sur les sulfites provoquant chez elle des réactions
Poisson	il y a une augmentation accrue de l'incorporation de poisson dans les produits alimentaires industriels et notamment l'utilisation d'huile de poisson dans certains denrées alimentaires dans le but d'augmenter leur

teneur en acides gras polyinsaturés $\omega 3$.

Soja comme l'arachide et les noix, l'allergie au soja s'est développée récemment avec son utilisation exponentielle sous forme d'ingrédient alimentaire (lécithine de soja, agents de texture, émulsifiants entre autres) dans les denrées alimentaires de nature très diverses, parfois inattendue (viande hachée, plats cuisinés...), nécessitant un étiquetage précis. La lécithine de soja contenue dans la farine serait notamment mise en cause dans de rares cas dans l'asthme professionnel des boulangers.

Annexe IV

Interactions complément alimentaire/médicament. (275)

Compléments	Médicaments	Niveau de risque	Conséquence
Oméga 3	Les anticoagulants et les antiagrégants	Modérée	Risque hémorragique
L'acide α lipoïque	Insuline et les antidiabétiques oraux	Mineur	Risque d'hypoglycémie
L-carnitine	Les anticoagulants	Modérée	Risque hémorragique
Taurine	Les antihypertenseurs	Modérée	Risque d'hypotension
Arginine	Drosperinone	Modérée	Hyperkaliémie
Gingembre	L'insuline et les antidiabétiques	Modérée	Risque d'hypoglycémie
	Inhibiteurs calcique	Modérée	Potentialise l'effet hypotenseur
	Les anticoagulants et les antiagrégants	Modérée	Risque hémorragique
Soja	Lévothyroxé	Modérée	Diminution la concentration plasmatique de lévothyroxé
	IMAO	Modérée	Risque d'hypertension
	Paclitaxel	Modérée	Augmentation de concentration plasmatique de paclitaxel
	Théophylline	Modérée	Augmentation de concentration plasmatique de la théophylline
	Tamoxifène	Modérée	Diminution de l'efficacité de tamoxifène
	Anticoagulants	Modérée	Diminution de l'efficacité des anticoagulants
Ginseng	Insuline et les	Modérée	Risque d'hypoglycémie

	antidiabétiques oraux		
	Furosimide	Modérée	Diminution de l'efficacité de furosimide
	Anticoagulants	Modérée	Risque hémorragique
	AINS et asperine	Modérée	Risque de saignement
	Nifedipine	Modérée	Augmentation de la concentration plasmatique de nifedipine
	Antihistaminique (féxofénadine)	Mineur	Diminution de la concentration plasmatique de féxofénadine
	Digoxine	Modérée	Augmentation la concentration plasmatique de la digoxine
	Anticoagulants	Modérée	Risque hémorragique
Ginkgo biloba (523 interactions)	Anticoagulants et antiagrégants	Modérée	Risque hémorragique
	Antipsychotique (halopéridol-olanzapine)	Modérée	Augmentation des effets secondaire des antipsychotique
	Antiépileptique	Modérée	Diminution l'efficacité des antiépileptiques
	Inhibiteurs calcique (diltiazem)	Modérée	Potentialisation l'effet hypotenseur
	IPP (oméprazol)	Modérée	Diminution de l'efficacité de l'oméprazol
Caféine	Ropirinol	Modérée	Augmentation des effets de ropirinol
	Méthotrexate	Modérée	Diminution de l'efficacité de méthotrexate
	Lithuim	Modérée	Augmentation des effets de la caféine
	Duloxitine	Modérée	Augmentation de la

			concentration plasmatique de la duloxitine
	Quinolones	Modérée	Augmentation des effets de la caféine
Acides aminés	Lévodopa	Modérée	Inefficacité de la dopathérapie

Annexe V



N° :

La date :

I). Données sociodémographiques :

- Nom : • Age :ans
- Prénom :
- La date de naissance :/...../.....
- L'adresse :
- Numéro de téléphone :
- Activité professionnelle : Oui Non
- L'état civil : Célibataire Marié Divorcé Veuf
- Niveau d'instruction : Analphabète Primaire
Moyen Secondaire Universitaire

II). Données médicales :

- 1). Taille : m 2). Poids : kg 3). IMC : kg/m²

$$L'IMC(kg/m^2) = \text{poids (kg)} / [\text{Taille (m)}]^2$$

- 2). Avez-vous un problème de santé? Oui Non
- Si Oui lequel ?
- 3). Suivez-vous un traitement spécifique ? Oui Non
- Si Oui lequel ?
- 4). Consommez-vous du tabac? Oui Non
- 5). Faites-vous des analyses médicales périodiquement ? Oui Non
- 6). Quels sont les antécédents familiaux médico-chirurgicaux ?
.....

III). Données sportives et nutritionnelles :

- 1). Depuis quand vous pratiquez la musculation ?
Moins de 6 mois entre 6 et 24 mois plus que 24 mois
- 2). Combien de séance d'entraînement par semaine ?
Une séance deux séances trois séances quatre séances

N° :

La date :

3). Ça dure combien une séance ?.....h.....min.

4). Quelle est l'intensité de votre exercice ? Moyenne Forte Très forte

5). Est-ce que vous pratiquez un autre sport en parallèle ? Oui Non

L'aliment	Quantité/jour	L'aliment	Quantité/jour
Œufs	.....Œufs/j	Légumes	.....g/j
Lait	.....ml/j	Fruits	.....g/j
Viande	.....g/j	Huiles végétales	.....ml/j
Riz	.....g/j	Poissons	.....g/j
Flacons d'avoine	.....g/j	Eau	.....ml/j

VI). Données relatives la consommation des compléments alimentaires :

1). Prenez-vous des compléments alimentaires ? Oui Non

a). Si (non) pour quelle raison?

b). Si (oui) pour quelle raison ?

• Prix cher

• La prise de poids

• Je préfère l'alimentation naturelle

• La récupération après les exercices

• J'ai peur de développer problème de santé

• Compléter le régime naturel

• Une autre cause

• Une autre cause

2). Par quelles motivations vous arrivez à consommer ces produits ?

a). Publicité.

c). Moi-même.

b). Un proche m'a conseillé (ami ,famille...)

d). L'entraîneur.

3). Depuis quand vous consommez les compléments alimentaires ?

a). Moins de 06 mois.

c). entre 12 et 18 mois.

b). Entre 6 et 12 mois.

d). Plus de 24 mois.

4). Quels types des compléments alimentaires prenez-vous?

a). Whey.

b). Caséine.

c). BCAA.

d). Glutamine.

e). Créatine.

f). Zinc.

g). Oméga-3.

5). Respectez-vous les doses recommandées ? Oui

Non

6). D'où vous achetez ces compléments alimentaires ?

N° :

La date :

- a). Le Marché
- b). Des boutiques spécialisées
- c). La salle d'entraînement
- d). Par internet
- e). Autre à préciser

7). Sur quels critères vous qualifiez ces produits ?

- a). Prix.
- b). produits naturels à 100% .
- c). Informations sur le produits.
- d). Marque commerciale.
- e). Autres.

V). Données biologiques :

	Paramètre biochimique	Normes	Unités
1	L'hémoglobine glyquée HbA _{1c}	< 6	%
2	Glycémie	0,7 – 1,10	g/l
3	Urémie	0,15 – 0,50	g/l
4	Créatininémie	0,50 – 1,30	mg/dl
5	Cholestérolémie totale	1,30 – 2,00	g/l
6	Triglycéridémie	0,40 – 1,50	g/l
7	Uricémie	25 – 70	mg/l
8	Taux plasmatique des aspartate amino-transférases	0 – 45	U/l
9	Taux plasmatique des alanine amino-transférases	0 – 45	U/l
10	Taux plasmatique des gamma glutamyl-transférases	1 – 73	U/l
11	Sidérémie	50 – 170	mg/l
12	Albuminémie	32 – 50	g/l
13	Protéïnémie	60 – 80	g/l
14	Calcémie	85 – 100	mg/l
15	Bilirubinémie totale	0,30 – 1,20	mg/dl
16	Bilirubinémie directe	0 – 0,20	mg/dl
17	Taux plasmatique de la Créatine Phospho-kinase	26 – 308	U/l

Résumé :

Objectifs. — Les objectifs principaux de notre étude étaient de décrire la composition des compléments alimentaires (CA) à usage sportif commercialisés dans le marché de la wilaya de Tlemcen ainsi que les éventuels effets positifs et/ou négatifs de leur consommation sur les paramètres biochimiques sanguins d'un groupe de sportifs de la région de Tlemcen.

Matériels et méthodes. — Nous avons mené une enquête transversale auprès des magasins spécialisés des CA à usage sportif dans la wilaya de Tlemcen. La composition détaillée de chacun des produits disponibles a été enregistrée. En parallèle, nous avons lancé une étude transversale descriptive à visée comparative dans laquelle, soixante sportifs répartis en deux groupes (30 consommateurs de CA et 30 témoins) ont été recrutés et ont bénéficié d'un bilan biochimique réalisé au niveau du service de biochimie (CHU de Tlemcen).

Résultats. — Dans notre étude, l'âge moyen des sportifs recrutés était de $26,37 \pm 5,67$ ans. L'indice de masse corporelle (IMC) était significativement plus élevé dans le groupe des consommateurs de CA ($P < 10^{-3}$). Une différence statistiquement significative a été également notée entre les taux de la Créatine Phospho Kinase (CPK) des deux groupes ($372,43 \pm 153,9$ U/l chez les consommateurs de CA ; $164,43 \pm 82,08$ U/l chez les témoins) ($P < 10^{-3}$). Le taux des CPK était corrélé positivement à l'IMC ($P = 0,027$). Les autres paramètres biochimiques étaient dans les normes. La plupart des CA commercialisés dans la wilaya de Tlemcen sont importés des Etats unis et des pays européens. 25 % de ces produits n'ont aucune certification internationale. Les substances utilisées dans leur fabrication sont toutes autorisées par la DGCCRF tandis qu'un produit à base de caféine et deux autres à base de créatine dépassent les doses recommandées. Cinq des additifs alimentaires incorporés dans ces CA ne sont pas autorisés par la réglementation Algérienne et aucun produit dopant n'a été mentionné sur les étiquettes.

Conclusion. — La consommation des compléments alimentaires par les sportifs peut influencer positivement ou négativement leur profil biochimique d'où l'intérêt d'un suivi biologique régulier de ces sportifs. D'autre part, ces derniers doivent être vigilants à la composition des CA achetés et suivre les recommandations des autorités sanitaires relatives à l'usage de ces produits.

Mots clés : Sport, compléments alimentaires, composition, paramètre biochimique, région de Tlemcen.

Summary

Objectives. — The main objectives of our study were to describe the composition of food supplements (CA) for sports use marketed in the market of the wilaya of Tlemcen as well as the possible positive and / or negative effects of their consumption on the blood biochemical parameters of a group of sportsmen from the region of Tlemcen.

Materials and methods. — We conducted a cross-sectional survey of specialized stores of CA for sports use in the wilaya of Tlemcen. The detailed composition of each of the available products has been recorded. In parallel, we launched a comparative descriptive cross-sectional study in which sixty athletes divided into two groups (30 AC consumers and 30 controls) were recruited and benefited from a biochemical assessment performed at the of the biochemistry department (University Hospital of Tlemcen).

Results. — In our study, the average age of recruited athletes was 26.37 ± 5.67 years. The body mass index (BMI) was significantly higher in the CA consumer group ($P < 10^{-3}$). A statistically significant difference was also noted between the levels of the Creatine Phospho Kinase (CpK) of the two groups (372.43 ± 153.9 U / l among the consumers of CA; 164.43 ± 82.08 U/l at the witnessed) ($P < 10^{-3}$). The CpK rate was positively correlated with BMI ($P = 0.027$). Other biochemical parameters were in the norms. Most sales marketed in the province of Tlemcen are imported from the United States and European countries. 25% of these products have international certification. The substances used manufactures are all authorized by the DGCCRF while a product based on caffeine and in their manufacture are all authorized by the DGCCRF while a product based on caffeine and two other creatine-based products exceed the recommended doses. Five of the food additives incorporated in these CA are not authorized by the Algerian regulations and no doping product has been mentioned on the labels.

Conclusion. — The consumption of food supplements by athletes can positively or negatively influence their biochemical profile hence the interest of a regular biological monitoring of the athletes. On the other hand, the latter must be vigilant in the composition of the CA purchased and follow the recommendations of the health authorities on the use of these products.

Key words : sport, food supplements, composition, biochemical parameter, Tlemcen region.

ملخص :

الأهداف : المراد من هذه الدراسة هو وصف تركيبة المكملات الغذائية الموجهة للاستعمال الرياضي المسوقة على مستوى ولاية تلمسان و كذا أثارها سواء كانت ايجابية أو سلبية على المتغيرات البيوكيميائية في الدم لمجموعة من رياضيي منطقة تلمسان.

الوسائل والطرق : قمنا بإجراء دراسة استقصائية على مستوى المحلات المتخصصة في بيع المكملات الموجهة للرياضيين المتواجدة في ولاية تلمسان تم من خلالها تدوين التركيبة المفصلة لهاته المكملات و موازاة مع ذلك أجرينا دراسة وصفية مقارنة شارك فيها ستون رياضيا مقسمين إلى مجموعتين (30 مستهلك و 30 شاهد) استفادوا من إجراء فحص كيميائي حيوي على مستوى مصلحة الكيمياء الحيوي بالمستشفى الجامعي لتلمسان.

النتائج : في دراستنا كان متوسط عمر الرياضيين $26,37 \pm 5,67$ سنة. مؤشر الكتلة الجسمية كان أعلى بكثير بالنسبة للمجموعة المستهلكة للمكملات الغذائية ($P < 10^{-3}$) كما نلاحظ فرق ذو دلالة إحصائية لمعدلات الكرياتين فوسفوكيناز لكلتا المجموعتين ($372,43 \pm 153,9$ وحدة الترم بالنسبة للمستهلكين و $164,43 \pm 82,08$ وحدة الترم لغير المستهلكين) ($P < 10^{-3}$). سجلنا ارتباط إيجابي بين معدل الكرياتين و مؤشر الكتلة الجسمية ($P = 0,027$). باقي المتغيرات الكيميائية كانت في معدلها الطبيعي. معظم المكملات الغذائية المسوقة في تلمسان يتم استيرادها من الولايات المتحدة و الدول الأوروبية. 25% منها لا تمتلك شهادات دولية. المواد المستعملة في تركيبها مرخصة من قبل DGCCRF ماعدا مركب للكافيين و آخرين للكرياتين تتجاوز الجرعات المسموح بها. خمس مضافات غذائية مستعملة في تركيبها غير مرخصة من قبل السلطات الجزائرية و لم يتم تسجيل أي مادة منشطة على الملصقات.

الخاتمة : إن استهلاك المكملات الغذائية من قبل الرياضيين يمكن أن يؤثر إيجابا أو سلبا على المتغيرات البيوكيميائية مما يستدعي ضرورة القيام بفحوصات دورية. و من جهة أخرى ينبغي على هؤلاء أن يكونوا حذرين من تركيبة هاته المكملات و كذا إتباع النصائح الصحية المتعلقة باستخدامها.

الكلمات الرئيسية : رياضة, مكملات غذائية, تركيبة, متغير بيوكيميائي, منطقة تلمسان.