

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques

جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie Fondamentale et appliquée »

THÈME

Risques et toxicité potentielle liés à la consommation des brûleurs de graisses chez les sportifs

Soutenu le : 02/07/2023

Présenté Par : Melle Amarouche Lamia

Devant le jury composé de :

Dr. BELBEL Zineb	MCA	Présidente	UCBET
Dr. DJABALI Nacera	Prof.	Examinatrice	UCBET
Dr. ALAYAT Amel	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2022 - 2023



Remerciement

Je remercie le bon Dieu « ALLAH » le tout puissant qui m'a donné le courage, la patience, la volonté et la force pour achever ce travail.

Ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé sans la contribution de nombreuses personnes que je tiens à remercier à travers ces quelques lignes:

J'adresse mes sincères remerciements en premier lieu à mon encadreur

Dr. ALAYAT AMEL

Qui m'a fait le grand honneur de me confier ce travail et d'accepter de le diriger, et qui m'a toujours réservé le meilleur accueil. Ses encouragements inlassables, son amabilité, sa gentillesse méritent toute admiration. Je saisis cette occasion pour lui exprimer ma profonde gratitude tout en lui témoignant mon respect.

*Je tiens à remercier **Dr. BELBEL ZINEB** qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.*

*Mes remerciements vont également au **Pr. DJABALI NACIRA** d'avoir accepté de faire partie du jury afin d'examiner ce travail et l'enrichir par ses connaissances et ses propositions.*

Je remercie aussi tous les sportifs qui ont répondu aux questionnaires, sans leurs réponses cette étude n'aurait jamais pu voir la lumière de ce jour.

*Mes sincères remerciements à ma très chère enseignante **Dr. GHEID SAMIRA**, à mes amies et sœurs **Dr. ASNOUNE ZAHIDA** et **Dr. SAHI SAMEH** pour leurs soutien et encouragements.*





DEDICACE

C'est avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce travail

A mes très chers parents qui ont toujours veillé sur moi que dieu les garde en bonne santé.

*A mes sœurs **IKHLAS** et **RANIA** et mon grand frère **HAITHEM** qui me sont très chers.*

*A la mémoire de mama **DJANETTE**, qui a toujours cru en moi que dieu l'accorde dans son vaste paradis.*

*Une spéciale dédicace à notre déléguée de la promotion 2023 **HADJER** et ma collègue et cousine **BASMA** à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et réussite.*

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'ont aidée. A tous ceux qui me sont chers et dont je n'ai pas cité les noms.

*A tous nos professeurs et collègues de la promotion **TFA 2023**.*



Résumé

La consommation des compléments alimentaires est très répandue chez les sportifs amateurs soit pour prendre de la masse musculaire ou réduire la masse la grasse au cours de la sèche ou encore booster l'énergie. Par ailleurs, comme il semble que cette pratique 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. De plus, des études récentes ont suscité des inquiétudes concernant la sécurité des plusieurs types de ces compléments disponibles à la vente facile en raison de leurs contaminations chimiques par les métaux lourds qui poseraient donc un risque réel pour la santé humaine.

Au cours de notre étude, nous avons réalisé une étude descriptive transversale afin d'évaluer la prévalence de consommation des brûleurs de graisses chez les athlètes pratiquant la musculation, les types de substances consommées ainsi que les effets indésirables potentiels de ces produits. Nos résultats ont montré que 68 sportifs amateurs sur 150 questionnés se sont révélés consommateurs de ces substances. Par ailleurs, notre étude a mis en évidence les types des brûleurs de graisses les plus consommés à savoir la L-carnitine et CLA. Ces données nous ont mené à tester les échantillons de ces derniers en quantifiant les teneurs de résidus de métaux lourds. Ainsi, les résultats obtenus ont mis en évidence des traces des métaux lourds à savoir l'arsenic, le cadmium et le plomb dans les suppléments testés.

Mots clés : compléments alimentaires, consommation, prévalence, brûleurs de graisses, plomb, cadmium, arsenic.

Abstract

The consumption of dietary supplements is widespread among amateur athletes either to gain muscle mass or reduce fat mass during dry phase or even boost energy. Moreover, as it seems that this practice is increasingly encouraged on forums and by the well visible products on the internet, consumers are very unlikely to benefit from medical supervision or advice from health professionals. In addition, recent studies have raised concerns about the safety of several types of these supplements available for easy sale due to their chemical contamination with heavy metals which would therefore pose a real risk to human health.

During our study, we carried out a cross-sectional descriptive study in order to evaluate the prevalence of consumption of fat burners among athletes practicing bodybuilding, the types of substances consumed as well as the potential adverse effects of these products. Our results have showed that 68 amateur athletes out of 150 questioned proved to be consumers of these substances. In addition, our study highlighted the types of fat burners most consumed, namely L carnitine and CLA. These data led us to test their samples by quantifying heavy metal residue levels . Thus, the results obtained revealed traces of heavy metals, namely arsenic, cadmium and lead in the supplements tested.

Keywords: dietary supplements, consumption, prevalence, fat burners, lead, cadmium, arsenic.

ملخص

ينتشر استهلاك المكملات الغذائية على نطاق واسع بين الرياضيين الهواة إما لاكتساب كتلة العضلات أو تقليل كتلة الدهون أثناء الخفض أو لزيادة الطاقة. علاوة على ذلك، نظرًا لأنه يبدو أن هذه الممارسة يتم تشجيعها بشكل متزايد في المنتديات والمنتجات المرئية جيدًا على الإنترنت، فمن غير المرجح أن يستفيد المستهلكون من الإشراف الطبي أو المشورة من المهنيين الصحيين. بالإضافة إلى ذلك، أثارت الدراسات الحديثة مخاوف بشأن سلامة أنواع عديدة من هذه المكملات المتاحة للبيع بسهولة بسبب تلوثها الكيميائي بالمعادن الثقيلة مما قد يشكل خطرًا حقيقيًا على صحة الإنسان على مدار دراستنا ، أجرينا دراسة وصفية مقطعية لتقييم مدى انتشار استهلاك حارق الدهون بين الرياضيين الذين يمارسون كمال الأجسام ، وأنواع المواد المستهلكة وكذلك الآثار الضارة المحتملة لهذه المنتجات. أظهرت نتائجنا أن 68 رياضيًا هواةً من أصل 150 تم استجوابهم كانوا مستهلكون لهذه المواد. بالإضافة إلى ذلك، سلطت دراستنا الضوء على أنواع حارقات الدهون الأكثر استهلاكًا، وهي CLA و L carnitine. قادتنا هذه البيانات إلى اختبار عينات هذه الأخيرة من خلال تحديد مستويات بقايا المعادن الثقيلة. وهكذا كشفت النتائج التي تم الحصول عليها عن آثار معادن ثقيلة، وهي الزرنيخ والكاديوم والرصاص في المكملات المختبرة.

الكلمات المفتاحية: المكملات الغذائية ، الاستهلاك ، الانتشار ، حارق الدهون ، الرصاص ، الكاديوم ، الزرنيخ.

Sommaire

Résumé

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction1

Chapitre I: Etude bibliographique sur les compléments alimentaires.

1. Définition.....3

2. Composition des compléments alimentaires4

2.1. Vitamines et minéraux.....4

2.2. Plantes et préparations de plantes4

2.3. Substances à but nutritionnel ou physiologique... ..4

2.4. Probiotiques.....5

2.5. Produits de la ruche5

3. Compléments alimentaires destinés aux sportifs 6

3.1. La musculation6

3.1.1. Prise de masse.....6

3.1.2. Phase de la sèche6

3.1.3. La maintenance..... 6

3.2 .Les compléments alimentaires à base de protéines du lait6

3.3. Les compléments alimentaires à base d'acides aminés7

4. Classification de compléments alimentaires utilisés par les sportifs7

4.1 .Compléments pour la prise de la masse musculaire.....8

4.1.1. La Whey Protéine..... 8

4.1.2. La Caséine	8
4.1.3. La méga masse	9
4.1.4. Les gainers	9
4.2. Supplémentation en BCAA.....	9
4.3. Les compléments alimentaires enrichis en lipides.....	9
4.4. Compléments pour la réduction de la masse grasse	10
4.4.1. La carnitine	10
4.4.2. L'acide linoléique conjugué.....	11
4.4.3. Burner.....	12
4.4.4. LIPO 6.....	12
5. Compositions des brûleurs de graisses destinés aux sportifs	13
5.1. Substances non interdites	13
5.2. Substances interdites	14
6. Les effets indésirables des compléments alimentaires destinés aux sportifs	15
6.1. Effets cardiovasculaires	15
6.2. Effets digestifs.....	15
6.3. Effets hépatiques.....	15
6.4. Effets neurologiques.....	16

Chapitre II: Contamination des compléments alimentaires par les métaux lourds

1. Définition d'un contaminant alimentaire.....	17
2. Sources de contamination des denrées alimentaires.....	17
3. Contamination des compléments alimentaires par les métaux lourds.....	18

4. Toxicité des métaux lourds (Pb, As, Cd).....	18
4.1. Plomb.....	18
4.1.2. Risque pour la santé.....	19
4.2. Cadmium.....	19
4.2.1. Risque pour la santé.....	19
4.3. L'arsenic	20
4.3.1. Risque pour la santé.....	20

Chapitre III: MATERIEL ET METHODES

1. Type D'étude.....	21
2. Population d'étude.....	21
3. Description du questionnaire.....	21
4. Critères d'inclusions	21
5. Critères d'exclusions.....	22
6. Extraction des métaux lourds par méthode d'absorption atomique.....	22
6.1. Quantification du Cadmium.....	22
6.2. Quantification du Plomb.....	22
6.3. Quantification de l'Arsenic.....	22

Chapitre IV: Résultats

1. Population.....	24
1.1. L'âge.....	24
1.2. La taille.....	25
1.3. Le poids.....	26
1.4. Mode de vie.....	27

2. Pratique sportive.....	28
2.1. Nombre d'entraînements par semaine.....	28
3. Alimentation et complément alimentaire.....	29
3.1. Marque de complément alimentaire.....	29
3.2. Fréquence de prise.....	29
3.3. Lieu d'achat des Bruleurs de graisses	30
3.4. Apparition des effets indésirables.....	30
3.5. Types d'effets indésirables constatés.....	31
3.6. Détermination des concentrations en métaux lourds dans les bruleurs de graisse testés (L carnitine,CLA).....	31
Discussion	33
Conclusion	41

Références bibliographiques

Annexes

Liste de figures

N	Intitulé de la figure	Page
01	Les ingrédients entrant dans la composition des compléments alimentaires	05
02	La carnitine (Amarouche, 2023)	11
03	CLA 400 (Amarouche, 2023).	11
04	Burner (Amarouche, 2023)	12
05	LIPO 6 (Amarouche, 2023)	12
06	L carnitine	23
07	CLA	23
08	Répartition des consommateurs des bruleurs de graisses selon l'âge.	24
09	Répartition des non consommateurs des bruleurs de graisses selon l'âge.	24
10	Répartition des consommateurs selon la taille.	25
11	Répartition des non consommateurs selon la taille.	25
12	Répartition des consommateurs selon le poids.	26
13	Répartition des non consommateurs selon le poids.	26
14	Répartition des consommateurs selon le mode de vie.	27
15	Répartition des non consommateurs selon le mode de vie.	27
16	Répartition des consommateurs selon le nombre d'entraînements par semaine.	28
17	Répartition des consommateurs selon le nombre d'entraînements par semaine.	28
18	Répartition de l'enquête selon la marque de bruleurs de graisse utilisée.	29
19	Répartition des consommateurs en fonction de la fréquence de prise.	29
20	Répartition des consommateurs en fonction du lieu d'achat des bruleurs de graisse.	30
21	Répartition des consommateurs selon l'apparition des effets indésirables.	30
22	Répartition des types d'effets indésirables constatés après consommation des BG.	31
23	Concentrations des métaux lourds (Cd,Pb,As) quantifiées dans les échantillons des bruleurs de graisses (L carnitine et CLA)	31

Liste des abréviations

AMM : Autorisation de mise sur le marché.

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes.

ANSES : l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

CA : Complément alimentaire.

DMAA : Diméthylamylamine.

AA : Acide aminé.

BCAA: Branched chain amino acid.

ATP : Adénosine-triphosphate

CLA : Acide linoléique conjugué.

HCA : Acide hydroxycitrique.

AG : Acide Gras.

TG: Triglycerides.

2,4 DNP : 2,4-dinitrophénol.

SAA: Stéroïdes androgènes anabolisants

ALAT : Alanine aminotransférase

ASAT : Aspartate aminotransférase.

ETM : Eléments traces métalloïdes.

Pb : Plomb.

As: Arsenic.

Asi: Arsenic inorganique.

Cd: Cadmium.

FAO: Food and agriculture organization.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

SN: Système nerveux

IR: Insuffisance rénale

LMR : Limites maximales de résidus

Fe : Fer

Mn : Manganèse

Ca : Calcium

Zn : Zinc

Hg : Mercure

BG : Bruleur de graisses

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le marché des produits de nutrition sportive s'est grandement élargi au cours de ces dix dernières années. À l'heure actuelle, le sportif, se retrouve face à un grand nombre de produits d'horizons divers et qui se révèlent plus ou moins adaptés à sa pratique sportive. Pour séduire le sportif en général, les fabricants vantent leurs produits par des messages publicitaires qui promettent d'atteindre différents objectifs importants pour le sportif : augmenter ses performances, faciliter sa récupération, perdre du poids, protéger sa santé notamment [1].

Le développement de la masse musculaire et la diminution de la masse grasse sont des objectifs poursuivis par des millions de sportifs. De ce fait, la musculation à visée esthétique est un des principaux objectifs de la pratique de ce sport. 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 [2].

Il conviendra de rappeler qu'un complément alimentaire, est défini comme étant une denrée alimentaire dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constitue une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés [3].

Si l'achat des compléments alimentaires ne nécessite pas de prescription médicale, ils ne sont pas pour autant des produits anodins. Ils peuvent contenir des substances très actives et même interdites, par conséquent, des effets indésirables non négligeables peuvent apparaître. A la différence des médicaments. Ils ne sont pas soumis aux règles d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Leur fabrication est contrôlée, mais pas leur efficacité ni leur toxicité. [1].

Pendant que la communauté scientifique débat sur l'efficacité de certains compléments alimentaires revendiquant des vertus améliorant les performances physiques, les amateurs de sports consomment ces substances sans réticence et connaissance des effets secondaires. La publicité autour des compléments alimentaires substantialise l'intérêt de ces produits [4].

La pureté des compléments alimentaires en général peut être altérée par l'introduction accidentelle ou non de substances non déclarées ou par une contamination par des métaux lourds qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Une recherche, menée sur

121 substances destinées aux sportifs, a montré que les contaminations sont fréquentes et peuvent survenir dans plusieurs étapes, dès la production, surtout dans des pays ayant des contrôles moins rigoureux [5].

Au cours de ce travail de mémoire, nous avons choisi les brûleurs de graisses ou « *fat burners* » qui sont des compléments alimentaires consommés par les sportifs pour la réduction de la masse grasse au cours de de la sèche.

L'objectif de notre travail est d'établir dans un premier volet une étude de prévalence de la consommation des brûleurs de graisses chez des sportifs pratiquant la musculation dans les régions d'El Tarf et d'Annaba et d'évaluer les risques potentiels qui en découlent. Dans un deuxième volet, on s'intéressera à déterminer et quantifier les concentrations de trois métaux lourds (arsenic, plomb et cadmium) dans les suppléments alimentaires les plus consommés.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition

Un complément alimentaire est : « un produit destiné à être ingéré en complément de l'alimentation courante afin de pallier une insuffisance réelle ou supposée des apports journaliers ». Cette définition fait donc clairement des compléments alimentaires une catégorie d'aliments dotés d'une valeur nutritionnelle et rentrent dans la catégorie des denrées alimentaires. [6].

On entend ainsi par complément alimentaire : « toute substance ou produit transformé, partiellement transformé ou non transformé 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 ». [7].

Dans cette définition, est précisée la notion d'effet nutritionnel et physiologique. Ainsi, on reste dans le cadre de l'alimentation par le terme nutritionnel. Mais ce principe d'effet physiologique caractérise cette catégorie des compléments alimentaires qui est à opposer aux médicaments qui ont une action pharmacologique. En effet, un produit qui entretient des fonctions physiologiques normales par un effet nutritionnel est dit à effet physiologique, contrairement à un produit qui corrige des dysfonctions physiologiques, c'est-à-dire des pathologies, qui est dit à effet pharmacologique ou thérapeutique. Les compléments alimentaires maintiennent un état d'équilibre ou d'homéostasie alors, que le médicament le restaure. [8].

Pour être vendus, les compléments alimentaires ne nécessitent pas une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM). Dans l'union européenne par exemple, les compléments alimentaires font l'objet d'une déclaration auprès de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes. Elle examine leurs compositions et réalise des contrôles par l'intermédiaire de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) en cas de doutes [9].

2. Composition des compléments alimentaires

Il existe deux groupes parmi les substances à effet nutritionnel ou physiologique pouvant être utilisées dans les CAs : les nutriments pouvant être les vitamines et les minéraux, les plantes et préparation de plantes et les « autres substances » à effet nutritionnel ou physiologique [10].

2.1. Vitamines et minéraux

Les vitamines et minéraux sont des éléments indispensables pour l'organisme et à son bon fonctionnement. Ce sont les compléments alimentaires les plus consommés. Il existe deux classes : les vitamines hydrosolubles (vitamine C et les vitamines du groupe B) et les vitamines liposolubles (A, D, E et K). Les vitamines utilisées dans la fabrication des compléments alimentaires sont : les vitamines (A, D, E, K, B1, B6, B12 et C), la Niacine, l'Acide pantothénique, l'Acide folique et la Biotine. Les minéraux utilisés dans la fabrication des compléments alimentaires sont le Calcium, le Magnésium, le Fer, le Cuivre, l'Iode, le Zinc, le Manganèse, le Sodium, le Potassium, le Sélénium, le Chrome, le Molybdène, le Fluore, le Chlore, le Phosphore[10].

2.2. Plantes et préparations de plantes

Les ingrédients composés de végétaux ou isolés à partir de ceux-ci, 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.[11]. Parmi les plantes les plus utilisées sur le marché des compléments alimentaires : ginseng, guarana, gingembre, valériane, verveine.... [10].

2.3. Substances à but nutritionnel ou physiologique

Ce sont des substances chimiques, possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exception des vitamines et minéraux et des substances possédant des propriétés exclusivement pharmacologiques. Par exemple de la caféine, le lycopène, le glucosamine .De façon accessoire peuvent s'ajouter pour la fabrication des compléments alimentaires les ingrédients suivants : Les additifs, les arômes, et auxiliaires technologiques en petites quantités aux aliments lors de leur fabrication ou dans le produit fini dans un but

technologique : améliorer la conservation, réduire les phénomènes d'oxydation, colorer les denrées ou renforcer le goût [12].

2.4. Probiotiques

Les probiotiques sont définis comme des microorganismes vivants exerçant des effets positifs sur la santé. Depuis quelques années, ils constituent une demande de plus en plus importante au comptoir de l'officine, et particulièrement en ce qui concerne les troubles digestifs. L'ensemble des microorganismes vivants dans notre système intestinal constitue le microbiote intestinal. De par sa place prépondérante au sein de notre organisme, il apparaît évident d'étudier sa composition. L'essor récent des nouvelles techniques de biologie moléculaire a permis d'identifier les espèces bactériennes présentes dans ce microbiote. Ces connaissances approfondies ont permis aux industries pharmaceutiques de développer des compléments alimentaires à base de probiotiques exemple : ultrabiotique, levure de bière etc.[13].

2.5 Produits de la ruche

Plusieurs substances à savoir le miel, le pollen, la propolis, la cire, la gelée royale qui entre dans la composition de plusieurs compléments alimentaires. Ces ingrédients traditionnels dont l'utilisation en alimentation humaine est traditionnelle et les ingrédients nouveaux, qui relèvent de la procédure « Novel Food » aident l'organisme à retrouver l'énergie et la vitalité [14].

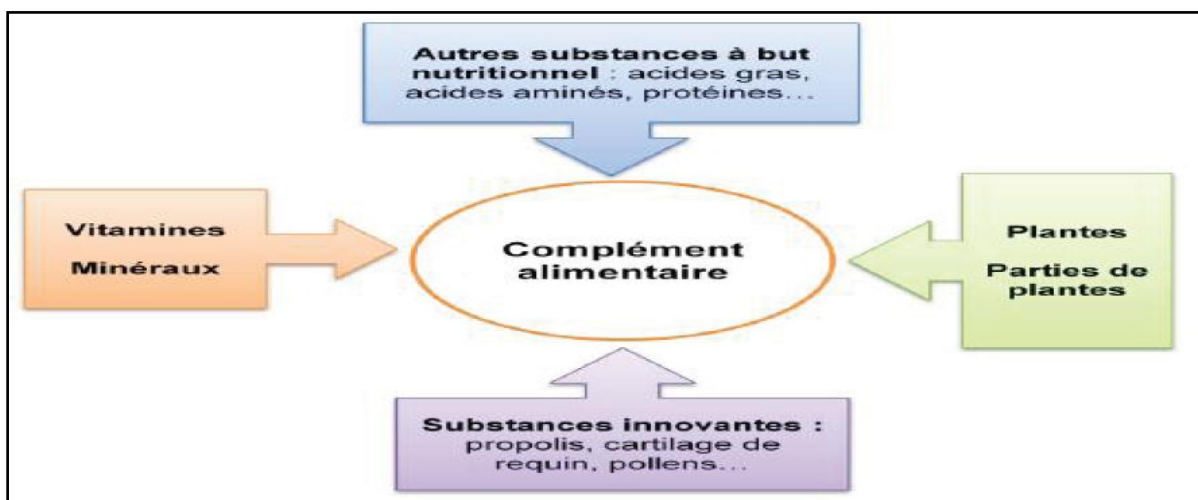


Figure 01: Les ingrédients entrant dans la composition des compléments alimentaires [3]

3. Compléments alimentaires destinés aux sportifs

3.1. La musculation

La pratique de la musculation, dont le but est l'amélioration des qualités musculaires, est aujourd'hui pratiquée par un grand nombre de personnes. Cette activité est à la base de la pratique du culturisme, de la force athlétique ou de l'haltérophilie mais également présente dans la préparation physique de nombreux sports (athlétisme, football, etc.). Les sportifs amateurs pratiquant la musculation passe par plusieurs phases afin d'atteindre ses objectifs [2].

3.1.1. Prise de masse

La prise de masse est par définition une étape en musculation consistant à augmenter sa masse musculaire via une augmentation des apports énergétiques. Cette prise de masse se veut qualitative, ainsi la prise de masse grasse se veut la plus faible possible [15].

3.1.2. Phase de la sèche

La deuxième étape qui suit la prise de masse est communément qualifiée de phase de « sèche ». Cette phase a pour but de réduire la masse grasseuse tout en gardant au maximum la masse musculaire acquise lors de la phase précédente [16].

3.1.3. La maintenance

La phase de maintenance ou de stabilisation se caractérise par un équilibre du poids caractérisé par des apports énergétiques égaux aux dépenses énergétiques. Au cours de ces trois phases le sportif amateur consomment plusieurs types des CAs les principaux sont à base de protéines ou d'acides aminés. [2].

3.2 .Les compléments alimentaires à base de protéines du lait

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. [17].

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 [18].

3.3. Les compléments alimentaires à base d'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.
- On distingue deux groupes d'AA:
- 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) [18].

4. Classification de compléments alimentaires utilisés par les sportifs

L'équilibre alimentaire est un concept qui attire à tous, sportifs et non sportifs. Seulement, dans le cadre d'une activité physique, la nécessité de corps pour produire de l'énergie et de récupérer entre les séances rend l'alimentation encore plus importante. Tout comme pour les produits alimentaires [18].

Les différents auteurs s'accordent sur le fait que les sportifs en consomment d'abord pour l'aide ergo-génique alléguée par certains produits comme l'augmentation de la puissance, de la masse musculaire, de l'endurance, ou encore l'optimisation de la récupération. Ils sont également utilisés pour prévenir ou corriger un apport nutritionnel jugé insuffisant, pour leur simplicité et leur praticité d'utilisation mais aussi pour adopter le comportement des autres sportifs et/ou de la majorité des athlètes de haut niveau qui en consomment également [19].

4.1 .Compléments pour la prise de la masse musculaire

Ces molécules sont composées essentiellement par les protéines en poudre .Les protéines sont l'élément de base pour favoriser l'anabolisme musculaire, dans le cadre de la musculation, pour conserver la masse musculaire ou favoriser la croissance de la masse musculaire [20].

La majorité des protéines en poudre contenus dans ces molécules proviennent tout simplement de produits du lait qui ont été déshydratés et filtrés en éliminant au maximum les glucides et les lipides. Il existe plusieurs types, provenant de différents substrats et de composition et de teneur variable en acides aminés [18].

4.1.1. La Whey Protéine

Protéine de lactosérum (petit lait), est la plus courante et la plus consommée. Elle favorise l'anabolisme et constitue (20%) des protéines de lait (partie résiduelle de la coagulation du lait). Elle provient directement du lait, ou alors de son exclusion lors de la fabrication des fromages, en raison de sa faible capacité à coaguler. Il s'agit d'une protéine à assimilation facile et rapide (30min). En plus d'être rapidement assimilable, elle est hautement digeste. Sa haute valeur protéique est justifiée par son excellente source en AA ramifiés (BCAA) avec environ 12g à 100 g de leucine [21].

4.1.2. La Caséine

La caséine est une protéine présente en majorité dans le lait, environ (80%). À la différence de la whey protéine, la caséine est une protéine à digestion lente. En effet, une fois ingérée, elle va former un corps insoluble dans le milieu acide de l'estomac, ce qui va freiner son assimilation.[22] Il existe trois catégories de produits : la caséine de sodium (qualité en AA basse), la caséine micellaire (meilleure qualité en AA, meilleure assimilation et durée d'action plus importante), et l'hydrolysate de caséine (la plus chère). À l'exception de l'hydrolysate, son assimilation est très lente, environ 10 heures. La caséine limite le catabolisme ; on parle alors d'effet anti-catabolique, d'où l'intérêt de la consommer le soir au coucher [21].

4.1.3. La méga masse

La méga masse est composée avec une Tri-protéine : un Isolat de protéine de lait, un Isolat de Lactosérum, une protéine d'albumine d'œuf. Elle a pour rôle d'entretenir la croissance musculaire, fournit de l'énergie et des protéines de haute qualité pour répondre aux besoins des entraînements les plus exigeants. En plus, il est formulé avec une teneur faible en sucres, pour que les muscles obtiennent l'énergie pour se développer à partir d'un mélange exclusive d'hydrates de carbone, sans sucres ajoutés, et élaborée à base de maltodextrine de maïs, amidon de blé natif, farine d'avoine intégrale et amidon de pomme de terre natif. Elle augmente la performance et la force, tout en aidant à augmenter le volume du muscle. [Site web 01].

4.1.4. Les gainers

Les gainers sont constitués de poudre de protéines mais contiennent en grande partie des glucides. De ce fait la ration protéique ne dépasse rarement (30%) du total et ils sont utilisés pour un objectif de prise de masse rapide. Ils sont généralement employés par les ectomorphes qui n'arrivent pas à prendre de poids et permettent une augmentation aisée des calories journalières.[23]

4.2. Supplémentation en BCAA

Parmi les acides aminés, les BCAA représentés par la Leucine, l'Isoleucine, et la Valine représentent les AA les plus transaminés au niveau musculaire pendant l'exercice ; ils servent ainsi de carburant au muscle en produisant de l'énergie, d'autant plus lorsque les réserves de glycogène sont épuisées ; cela peut engendrer une protéolyse aboutissant à un catabolisme musculaire. Ainsi chez le pratiquant de musculation, il est intéressant d'en apporter de manière exogène au travers d'une supplémentation. [2].

4.3. Les compléments alimentaires enrichis en lipides

Les compléments alimentaires à base d'acides gras sont également utilisés par les sportifs en musculation, il s'agit tout particulièrement des AG de la série $\omega 3$. Les oméga 3 interviennent dans la synthèse de différentes molécules impliquées dans les réactions immunitaires et inflammatoires, et dans la régulation de la pression artérielle.

L'acide- α -linoléique est le seul AG essentiel de la série des $\omega 3$: il doit nécessairement être apporté par l'alimentation et de lui dérivent d'autres AG. [2]

4.4. Compléments pour la réduction de la masse grasse

Les compléments alimentaires « **brûleurs de graisses** », sont destinés à favoriser la perte de poids et à réduire l'accumulation de graisse, soit par stimulation de la lipolyse, soit par inhibition de la lipogenèse [24].

Le terme brûleur de graisses également connu sous le nom de « bloqueurs de graisse » ou « fat burners » est utilisé pour les compléments alimentaires, qui revendiquent une augmentation du métabolisme des graisses ou une augmentation de la consommation d'énergie, une réduction de l'absorption des graisses, une perte de poids facilitée, une augmentation de l'oxydation des graisses pendant l'exercice ou dans toute autre manière provoque des adaptations à long terme qui stimulent le métabolisme des graisses. [24]. Cette catégorie de complément alimentaire s'adresse aux pratiquants de musculation ou autres sports de force ; désireux d'améliorer leur perte de masse grasse tout en réduisant la fonte musculaire induite par un régime hypocalorique lors de la « sèche » : ces CA s'adressent donc plutôt aux pratiquants non débutants [2].

4.4.1. La carnitine

La carnitine, également appelée L-carnitine ou lévocarnitine, est un dérivé d'acide aminé nécessaire à la production d'énergie à partir de certains acides gras. Elle est fabriquée en quantité suffisante dans le foie et les reins, sauf chez les personnes très âgées ou chez celles qui prennent certains médicaments, contre l'épilepsie ou le virus du sida par exemple. La carnitine est proposée dans le cadre du traitement de l'excès de cholestérol et des maladies cardiovasculaires. Elle est également censée favoriser la perte de poids, augmenter les performances sportives et lutter contre la fatigue [4].

Le rôle principal de la L-carnitine concerne le métabolisme lipidique. Premièrement, elle permet le transport des acides gras à longue chaîne dans la matrice des mitochondries et donc la production d'énergie par β -oxydation. Il s'agit alors de la production d'énergie sous forme d'adénosinétriphosphate (ATP) par la cellule, à partir des graisses (acides gras) de l'organisme [25].



Figure02 : La carnitine (Amarouche, 2023)

4.4.2 L'acide linoléique conjugué

Le CLA ou Acide Linoléique Conjugué est un mélange de différents types d'isomères de l'acide linoléique, l'isomère c9t11-CLA et le t10c12-CLA. Le CLA est retrouvé dans les produits laitiers ainsi que certaines viandes, il peut également être synthétisé par l'organisme en petite quantité. Bien qu'il soit chimiquement lié à l'acide linoléique, le CLA a des effets contraires quant à l'utilisation des lipides comme substrats énergétiques. En effet, l'acide linoléique favorise la formation de tissus adipeux via le phénomène de lipogenèse alors que le CLA empêche cette formation en inhibant les enzymes impliquées dans la lipogenèse. On observe une activité des lipases augmentée, ce qui accélère l'utilisation des triglycérides, les fabricants des compléments alimentaires vantent les effets du CLA sur la réduction de la masse grasse au profit de la masse musculaire. Le CLA est ainsi présenté comme un brûleur de graisses synthétisé à partir de l'huile de tournesol, de soja ou de carthame [26].



Figure03 : CLA 400 (Amarouche, 2023).

4.4.3. Burner

Ce complément alimentaire est un thermogénique puissant d'après sa notice, il contient une proportion élevée de caféine, L-Carnitine, thé vert et griffonia. Il a une action ciblée sur la thermogénèse, il permet le déstockage et la combustion des graisses, l'élimination de la rétention d'eau (rénale et par sudation), limite les tentations et les envies de sucre[site web 2].



Figure 04 : Burner (Amarouche, 2023)

4.4.4. LIPO 6

LIPO 6 est un brûleur de graisses puissant contenant des concentrations importantes en caféine, et trois alcaloïdes qui sont la yohimbine, de la rauwolscine, de la théobromine. Il se présente sous forme de gélules, il favorise un fort effet thermogénique [site web 2].



Figure 05 : LIPO 6 (Amarouche, 2023)

5. Compositions des brûleurs de graisses destinés aux sportifs

5.1. Substances non interdites

- **L-Carnitine** : La carnitine est une amine quaternaire. Le seul isomère à présenter une activité biologique est la L-carnitine[27].
- **Choline** : un précurseur de l'acétylcholine et des phospholipides. Elle est également impliquée dans le métabolisme des lipoprotéines et fait partie du groupe des donneurs de méthyl. Les sources alimentaires de choline sont principalement les œufs, le foie et les noix, mais aussi les fruits de mer, les produits laitiers et la lécithine ajoutée comme ingrédient dans la plupart des aliments préparés [28].
- **Extraits de plantes**
 - ✚ ***Cissus quadrangularis***: *Cissus quadrangularis* appartient à la famille des *Vitaceae*, c'est une plante comestible. Ses extraits contiennent notamment de la vitamine C [29].
 - ✚ ***Coleus forskohlii***: appartient à la famille des *Lamiaceae*. Cette plante produit des diterpènes, dont la forskoline[30].
 - ✚ ***Garcinia cambogia***: cette plante appartient à la famille des *Clusiaceae*. Des extraits issus du péricarpe du fruit de cette espèce contiennent de l'acide hydroxycitrique ou HCA (acide 2S, 3S-hydroxycitrique) [31].
 - ✚ ***Magnolia officinalis***: elle appartient à la famille des *Magnoliaceae*. Les principaux principes actifs identifiés dans l'écorce de cette plante sont des lignanes (magnolol, honokiol)[32].
- **Substances extraites de plantes**
 - ✚ **Evodiamine**: l'évodiamine est l'un des alcaloïdes majeurs du fruit d'évodia (*Evodia ruticarpa*)[33].
 - ✚ **Caféine** : la caféine ou 1,3,7-triméthylxanthine appartient à la famille des méthylxanthines. Elle est présente dans plus de soixante plantes, comme le café, le thé, la noix de kola, le guarana [34]. Par son activité lipolytique, la caféine va stimuler le découpage des TG en libérant du glycérol et des AG, ces derniers seront par la suite utilisés comme substrats énergétiques via leur oxydation. Elle

a donc son intérêt dans le cadre d'une réduction de la masse grasse, en association avec une activité physique. [2].

- ✚ **p-synéphrine**: la p-synéphrine est un alcaloïde naturellement présent dans plusieurs espèces du genre *Citrus*, notamment de *Citrus x aurantium*L. ou orange amère, utilisée dans les compléments alimentaires [35].

5.2. Substances interdites

- **Ephédrine, pseudoéphédrine et phénylpropanolamine**: l'éphédrine et ses analogues, la pseudoéphédrine et la phénylpropanolamine, sont des alcaloïdes utilisés par certains sportifs et extraits de plantes du genre *Ephedra* (Ephedraceae) notamment d'*Ephedra sinica*. Malgré l'interdiction de commercialisation de l'éphédrine en France et dans de nombreux pays. Cette substance reste encore utilisée et est trouvée dans des compléments alimentaires pour sportifs pratiquant la musculation [36].
- **Sibutramine**: la sibutramine était un médicament indiqué dans la prise en charge de l'obésité et du surpoids, dont l'autorisation de mise sur le marché (AMM) a été suspendue en 2010 suite à une augmentation du risque de complications cardiovasculaires. Malgré ces interdictions, elle est trouvée dans des compléments alimentaires visant la perte de poids, parfois sans que sa présence ne soit mentionnée sur l'étiquetage. [37].
- **1,3-diméthylamine (DMAA)** : la 1,3-diméthylamylamine (DMAA), également appelée méthylhexanamine, inscrit depuis 2010 dans la liste des substances interdites en compétition. Elle était utilisée dans les sprays décongestionnants pour la muqueuse nasale. Malgré son interdite la vente, elle est encore présente dans des compléments alimentaires (principalement sur le marché américain), dans lesquels elle joue le rôle de stimulant anorexigène. [38].
- **2,4-dinitrophénol (2,4-DNP)** : Le 2,4-dinitrophénol (2,4-DNP) était utilisé historiquement comme teinture, conservateur, une émergence de cas d'effets indésirables (principalement des cataractes mais également des décès) a conduit les autorités américaines à en interdire la prescription [39].

6. Les effets indésirables des compléments alimentaires destinés aux sportifs

Les compléments peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé des consommateurs et entraîner des effets toxiques en raison notamment de surdosage ou de surconsommation (dépassement des apports maximaux tolérables).

Un apport maximal tolérable est défini comme un apport quotidien continu le plus élevé qui ne comporte vraisemblablement pas de risques d'effets indésirables pour la santé chez la plupart des membres d'un groupe donné, il est défini en fonction de l'étape de la vie et du sexe [40].

6.1. Effets cardiovasculaires

L'effet secondaire le plus grave est celui observé avec **la diméthylamine (DMAA)** qui est une substance chimique utilisée pour perdre du poids ou pour augmenter les performances sportives qui peut causer des infarctus du myocarde, des arythmies et des cardiomyopathies [41].

L'éphédrine également substance stimulante et anabolisante présente dans les brûleurs de graisse comme coupe faim peut entraîner des troubles du rythme cardiaque par son action sympathomimétique indirecte en stimulant la libération d'un neurotransmetteur, la noradrénaline (ou norépinephrine) [42]. Les compléments alimentaires à base de caféine concentrée peuvent provoquer des troubles cardiovasculaires (arythmie, tachycardie), lorsqu'ils sont pris à des doses excessives [43].

6.2. Effets digestifs

Ces effets sont observés lors d'une supplémentation en acide linoléique conjugué à court terme ; ces effets indésirables sont principalement des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées) [2].

6.3. Effets hépatiques

De rares cas d'hépatites ont été signalés suite à la prise de produits visant un anabolisme musculaire, et contenaient des produits comme de la créatine, des protéines de lactosérum, des AA ainsi que de la L-carnitine. La cause la plus probable étant une toxicité due à un surdosage [44]. Les substances interdites comme le DMAA et les SAA sont également susceptibles de provoquer des atteintes hépatiques telles que des ictères, une augmentation des Transaminases (ALAT et ASAT), voire des carcinomes hépatocellulaires [45],[46].

6.4. Effets neurologiques

Les substances stimulantes de types amphétaminiques peuvent être à l'origine d'une certaine neurotoxicité et entraîner des symptômes tels qu'une agitation, des hallucinations, voire une altération de la fonction cognitive sans oublier le phénomène de dépendance en résultant [43]. La caféine également entraîne des troubles neuropsychiatriques (nervosité, irritabilité, anxiété), des tremblements, des troubles du sommeil (insomnie, réduction de la durée et de la qualité du sommeil)[43], [47].

1. Définition d'un contaminant alimentaire

Un contaminant alimentaire est défini comme toute substance qui n'est pas intentionnellement ajoutée à la denrée ou à la boisson destinée à l'alimentation de l'homme, mais qui est cependant présente dans celle-ci comme résidu de la production, de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport, ou du stockage de la dite denrée, ou à la suite de la contamination par l'environnement. [48].

2. Sources de contamination des denrées alimentaires

Il existe plusieurs sources de contamination des denrées alimentaires pouvant constituer un risque chimique pour la santé humaine, au-delà d'un certain seuil. Cette contamination peut être d'origine naturelle, comme par exemple les mycotoxines de champignons, d'origine environnementale ou liée aux procédés industriels, les résidus de pesticides ou de polluants que l'on peut retrouver dans les plantes. Les métaux lourds peuvent, quant à eux, être présents naturellement et ensuite s'accumuler via l'activité industrielle. D'autres substances peuvent être formées lors d'une étape de production, de transformation, de préparation ou de conservation des produits [49].

La pureté des compléments alimentaires peut être altérée par l'introduction accidentelle ou non de substances non déclarées ou par une contamination par des métaux lourds, ou encore des microorganismes. [5].

Les ETM présents dans les aliments peuvent provenir de sources environnementales car ils sont naturellement présents dans la croûte terrestre (par exemple l'aluminium, le chrome, le plomb, l'arsenic). Dans certains cas, les principales sources sont les résultats de la pollution de l'environnement par les activités industrielles et autres activités anthropiques (par exemple, le cadmium provenant des engrais agricoles). La présence du plomb est due à la contamination de l'eau par la canalisation. La transformation et l'emballage des aliments peuvent également contribuer à la présence de métaux dans les aliments (par exemple l'aluminium, l'étain des aliments en conserve). [50].

Les principaux métaux potentiellement préoccupants pour la santé présents dans les compléments alimentaires sont le plomb, le cadmium, le mercure et l'arsenic. Il est difficile de fixer des limites raisonnables fondées sur la santé pour certains de ces métaux en raison de

leur omniprésence dans l'environnement, les limites des procédures analytiques actuelles et d'autres facteurs. Pris ensemble, les tests officinaux pour les métaux dans les aliments et les médicaments présentent un éventail de problèmes qui défient les scientifiques officinaux. [51].

3. Contamination des compléments alimentaires par les métaux lourds

Les métaux lourds, et les métalloïdes peuvent contaminer les denrées alimentaires en suivant plusieurs voies. Les plantes absorbent ces métaux par le sol ou sont polluées par des retombées de poussières. Les poissons, les produits de la pêche et les algues peuvent absorber des métaux présents dans l'eau dans laquelle ils sont élevés ou pêchés. La viande peut contenir des métaux lorsque les animaux les absorbent par l'intermédiaire de leur alimentation entraînant des contaminations du lactosérum. Ces métaux s'accumulent dans des organes particuliers, comme le foie et les reins. L'utilisation d'une eau polluée peut également être une cause directe de contamination des denrées alimentaires. [51].

Principaux contributeurs à cette contamination sont :

- **Plomb, Cadmium** : essentiellement les denrées alimentaires d'origine animale et végétale.
- **Mercure** : produits de la mer.
- **Arsenic** : céréales, boissons, produits de la mer, végétaux [52].

4. Toxicité des métaux lourds (Pb, As, Cd)

4.1. Plomb

L'exposition au plomb (Pb) peut avoir lieu par le biais des aliments et de l'eau, et suite à l'utilisation de produits cosmétiques, de compléments alimentaires, de médicaments traditionnels. Les sources de contamination des aliments par le plomb sont nombreuses et incluent l'air et le sol. Le plomb atmosphérique provenant de la pollution industrielle ou de l'essence au plomb peut contaminer les aliments en formant un dépôt sur les cultures agricoles.

La contamination des aliments par le plomb peut aussi être due à la transformation, la manutention et l'emballage des denrées alimentaires. Les sources de plomb dans les zones

réservées à la transformation des aliments comprennent la peinture au plomb et le matériel contenant du plomb, comme les tuyaux ou les machines soudés au plomb. Dans le domaine des emballages, des articles d'emballage qui sont des sources potentielles de contamination par le plomb comprennent les sacs de plastique et les papiers d'emballage colorés. La FAO et l'OMS recommande une dose hebdomadaire admissible de 3 mg [53].

4.1.2. Risque pour la santé

Le plomb pénètre dans l'organisme par voie digestive, véhiculé par le sang, il est lié aux globules rouges à plus de 90%, le stockage se fait principalement dans le sang, rein et foie et accessoirement les tissus mous et osseux.

Le plomb interfère avec la synthèse de l'hème entraînant des troubles de formations des hématies, au niveau du SN il entraîne des polynévrites saturnines, et des encéphalopathies, il entraîne également des IR avec hyperazotémie et hyperuricémie [54].

4.2. Cadmium

Le cadmium est un contaminant non-dégradable. Il s'agit du métal le plus soluble de tous les métaux lourds, avec une grande capacité de bioaccumulation dans les tissus végétaux et animaux. Les eaux dans les zones arides contiennent du chlorure, ce qui rend le cadmium disponible dans les aliments, du fait que les sels de cadmium contenant le chlorure sont plus solubles et plus mobiles que d'autres sels. Il est principalement retrouvé dans les algues, les crustacées et les mollusques. Ainsi, les sources de cadmium dans les compléments alimentaires, sont aussi les plastiques à 28% et les pigments à 4% [55].

4.2.1. Risque pour la santé

L'absorption du Cd s'effectue principalement par les voies respiratoires et dans une moindre mesure par le tractus gastro-intestinal. C'est un toxique cumulatif qui possède une demi-vie de plusieurs années (10 à 35 ans). Son absorption est augmentée par le Ca et le Fer. A des doses excessives peut entraîner divers effets néfastes, tels qu'un dysfonctionnement rénal et hépatique, un œdème pulmonaire, des lésions testiculaires, une ostéomalacie et des lésions des surrénales et du système hématopoïétique. Le cadmium est génotoxique, tératogène et mutagène [56].

4.3. L'arsenic

L'arsenic (As) est un métalloïde naturellement présent dans les sols et les organismes biologiques, sous forme de dérivés inorganiques (As_i) et organiques. Il peut aussi provenir de l'utilisation de produits phytosanitaires et de la dispersion d'effluents métallurgiques. Sous forme inorganique. Les principales sources d'exposition à ce métal sont la contamination géologique naturelle des eaux et les émissions industrielles on peut le trouver dans différentes denrées alimentaires comme les produits de la mer, fruits, légumes et les algues dont des extraits de plantes qui peuvent être des ingrédients entrant dans la composition d'un complément alimentaire [57].

4.3.1 Risque pour la santé

L'arsenic d'origine alimentaire est absorbé par voie orale se lie aux protéines plasmatiques et à la globine, il se distribue dans les parois intestinales, le foie, le rein ; sous forme inorganique. Sa toxicité chronique est polymorphe (lésions cutanées, cancers de la vessie, du poumon, maladies cardiovasculaires, toxicité développementale, cirrhose et leucopénie) [57].

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES

III. MATERIEL ET METHODES

1. Type D'étude

Une enquête descriptive transversale a été effectuée auprès des salles de musculation des wilayas d'el Tarf et Annaba.

2. Population d'étude

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

3. Description du questionnaire

Les questionnaires ont été distribués dans les salles de sport de quelques communes de la wilaya d'El Tarf et au niveau de la wilaya d'Annaba.

le questionnaire est anonyme, simple à remplir et rapide (moins de 5 minutes) contient des questions ouvertes semi-ouvertes et fermées. (**voir Annexe 01**)

La première partie du questionnaire rassemblait des informations générales : âge, poids, taille, état de santé, mode de vie, objectif de pratique, durée, fréquence et attention portée à l'alimentation.

La seconde partie portait sur la consommation des compléments alimentaires destinés aux sportifs dont le but est réduire la masse grasse.

Une réponse positive à la question sur la consommation de ce type de complément engendrait des questions supplémentaires (la marque, la quantité, la fréquence de consommation, source d'achats et les effets indésirables survenus).

❖ Remarque

Une prèns enquête a été réalisée auprès de dizaines de personnes pour éliminer l'ambiguïté des questions.

4. Critères d'inclusions

✚ Les personnes

- Ayant 16 ans et plus.
- Habitant dans la wilaya d'El Tarf et Annaba.

5. Critères d'exclusions

+ Les personnes

- Ayant répondu de manière ambiguë.

6. Extraction des métaux lourds par méthode d'absorption atomique

Parmi les brûleurs de graisse les plus consommés par les sportifs amateurs que nous avons interrogés, on compte la L carnitine et l'acide linoléique conjugué (CLA).

Ainsi dans ce volet, nous nous sommes intéressés à rechercher dans ces deux compléments alimentaires la présence de contaminants chimiques (métaux lourds)

Pour cela, nous avons testé un échantillon de L carnitine liquide et un échantillon de CLA en forme de gélules afin d'analyser les concentrations potentielles des trois métaux lourds toxiques : cadmium, arsenic et plomb. Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses physicochimiques des sols à des eaux « **Horizon** ».

6.1. Quantification du Cadmium

6.1.1. Principe de la méthode

Les ions cadmium forment avec la dithizone à PH >6 un dithizone de cadmium primaire, qui est stable en milieu fortement alcalin et qui extrait par du tétrachlorure de carbone et donne coloration rose-rouge très sensible.

6.2. Quantification du Plomb

6.2.1. Principe de la méthode

Les ions plomb (II) forment avec la dithizone à PH 7-9 en présence de cyanure un dithizonate de plomb primaire qui extrait par du tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane) donne une coloration rose-rouge très sensible.

6.3. Quantification de l'Arsenic

6.3.1 Principe de la méthode

L'arsenic est réduit en arsine gazeuse par un mélange de zinc, chlorure stanneux, iodure de potassium et acide chlorhydrique dans un distillateur spécialement équipé. L'arsine est dirigée dans un absorbeur contenant un tampon de coton imprégné de solution d'acétate de plomb puis dans un barboteur contenant la solution de diéthylthiocarbamate dans la pyridine. L'arsenic réagit pour former un complexe rouge qui est lu colorimétriquement. Cette technique nécessite un étalonnage manuel.



Figure 06 : L- carnitine



Figure 07: l'acide linoléique conjugué (CLA)

RESULTATS ET DISCUSSION

IV-Résultats

1. Population

1.1. L'âge

➤ Pour les consommateurs

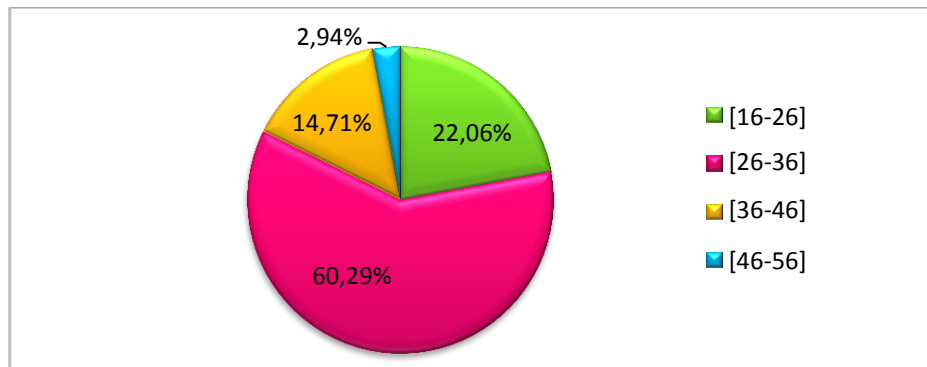


Figure 08: Répartition des consommateurs des brûleurs de graisses selon l'âge.

Selon les résultats de l'enquête les sportifs ayant une tranche d'âge entre 26-36 ans sont ceux qui consomment le plus les brûleurs de graisses avec un pourcentage de (60.29%) suivis par ceux ayant une tranche d'âge entre 16-26 ans avec un pourcentage de (22.06%).

Les consommateurs ayant plus de 36 ans et moins de 56 ans sont ceux qui consomment le moins ces suppléments avec les pourcentages de (14.71%) et (2.94%). Ces résultats bruts sont à relativiser car les sportifs questionnés âgés de 26-36 ans sont ceux qui ont le plus répondu aux questionnaires (**Figure 08**).

➤ Pour les non consommateurs

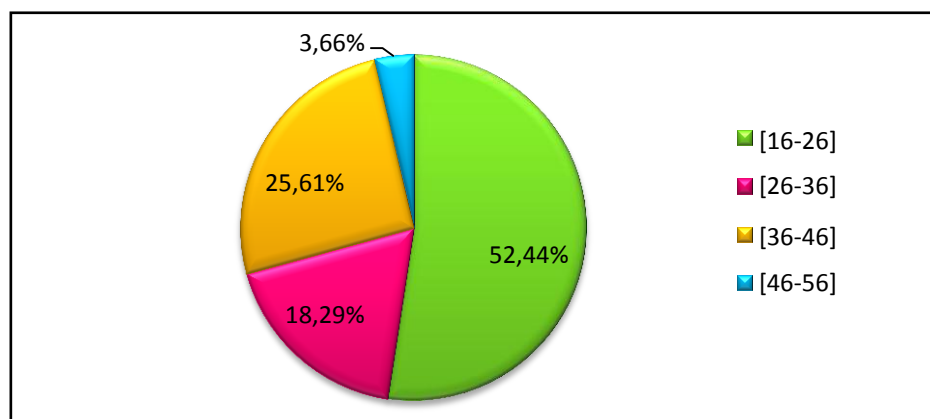


Figure 09 : Répartition des non consommateurs des brûleurs de graisses selon l'âge.

Les résultats de l'enquête ont montré que La plupart des sportifs non consommateurs de ces suppléments sont les groupes ayant les tranches d'âge entre 16 à 26 ans et de 36 à 46 ans avec un pourcentage de (52.44 %) et (25.61%) pour chaque groupe.

1.2. La taille

➤ Pour les consommateurs

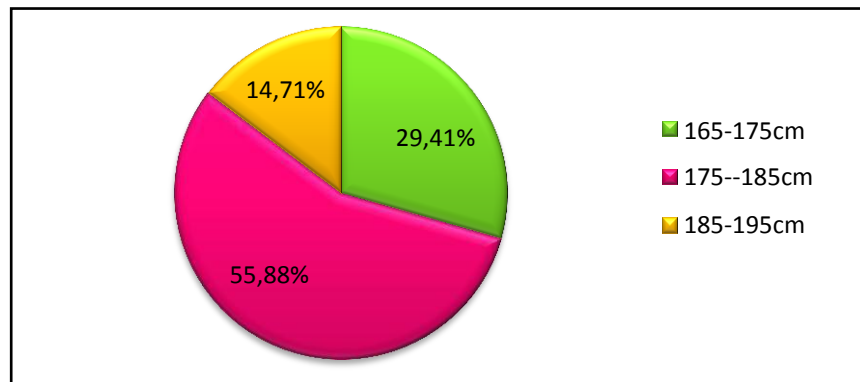


Figure 10 : Répartition des consommateurs selon la taille.

La figure 10 illustre la répartition des consommateurs selon la taille. Nos résultats montrent que les sportifs questionnés de taille 175-185cm ayant répondu à l'enquête sont ceux qui consomment le plus les brûleurs de graisses (55.88%). Tandis que les sportifs questionnés de taille 165- 175 cm et 185 -195 cm consomment moins ces suppléments avec respectivement les pourcentages de (29.41%) et (14.71%).

➤ Pour les non consommateurs

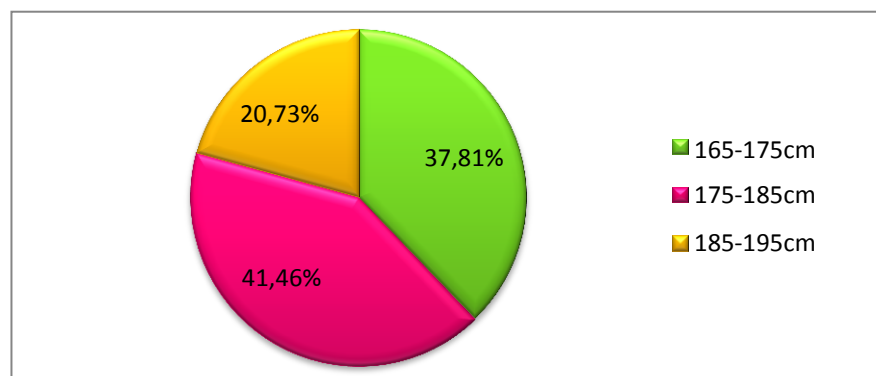


Figure 11 : Répartition des non consommateurs selon la taille.

La figure 11 met en évidence la répartition des non consommateurs enquêtés selon la taille. Les résultats montrent que la majorité des sportifs qui ne prennent pas ces suppléments mesurent entre 175-185 cm et 165 -175 cm avec respectivement les pourcentages de **(41.46%)** et **(37.81%)**. En revanche, les non consommateurs de taille 185-195 cm représentent un pourcentage de **(20.73%)**.

1.3. Le poids

➤ Pour les consommateurs

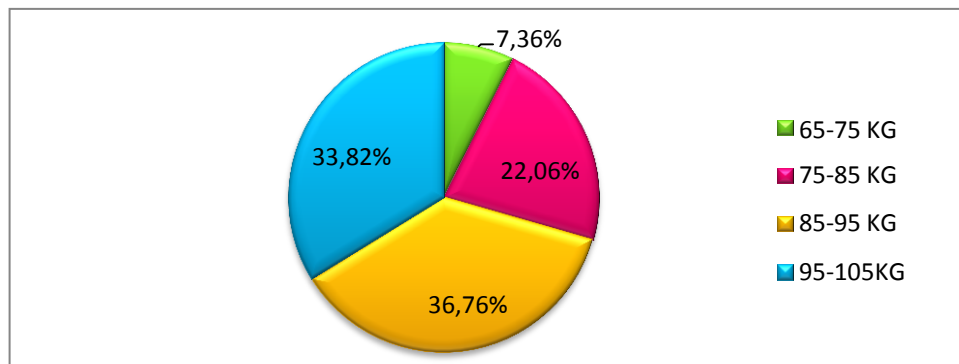


Figure 12: Répartition des consommateurs selon le poids.

La figure 12 représente la répartition des consommateurs selon le poids. Nos résultats indiquent que **(36.76%)** des sportifs questionnés qui consomment les BG pèsent entre 85 à 95 kg et **(33.82%)** pèsent entre 95 à 105 kg. Ainsi **(22.06%)** des sportifs qui consomment le moins ces compléments pèsent entre 75-85 kg.

➤ Pour les non consommateurs

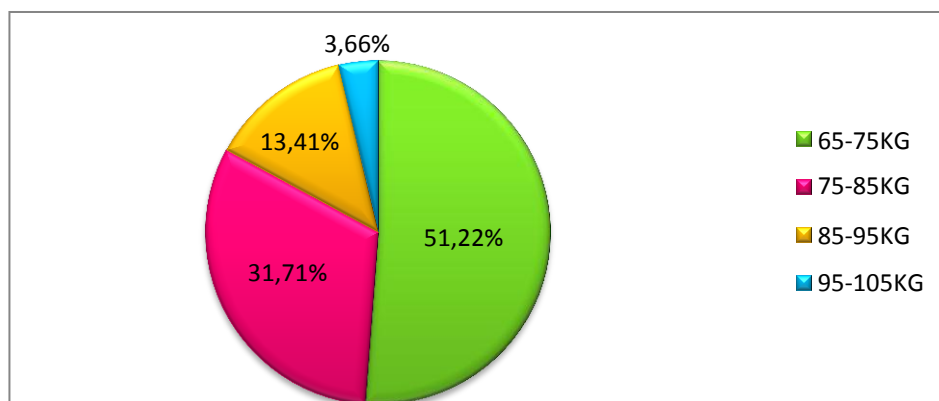


Figure 13 : Répartition des non consommateurs selon le poids.

La figure 13 représente la répartition des non consommateurs selon le poids. Les résultats indiquent que **(51.22 %)** des non consommateurs enquêtés pèsent entre 65- 75 kg, et **(31.71%)** des non consommateurs de ces suppléments pèsent entre 75 -85kg. Et a titre moindre **(17.07 %)** pesant plus de 85 kg.

1.4. Mode de vie

➤ Pour les consommateurs

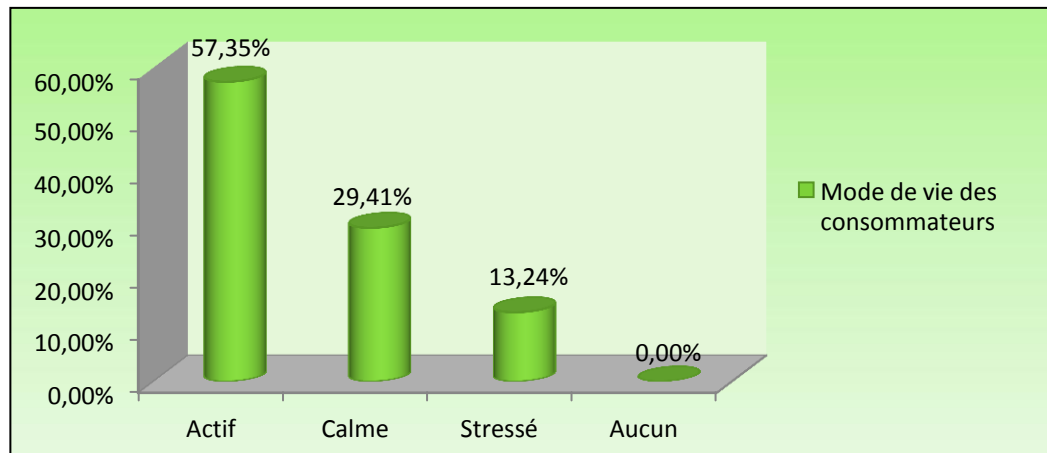


Figure 14 : Répartition des consommateurs selon le mode de vie.

La figure 14 représente la répartition des consommateurs en fonction de leur mode de vie. Les résultats de l'enquête montrent que parmi les sportifs consommateurs des BG **(57.35%)** actifs (groupe qui consomment le plus les BG). **(29.41%)** des sportifs questionnés ont un mode de vie calme le reste **(13.24%)** sont des personnes stressées dans leur rythme de vie quotidien.

➤ Pour les non consommateurs

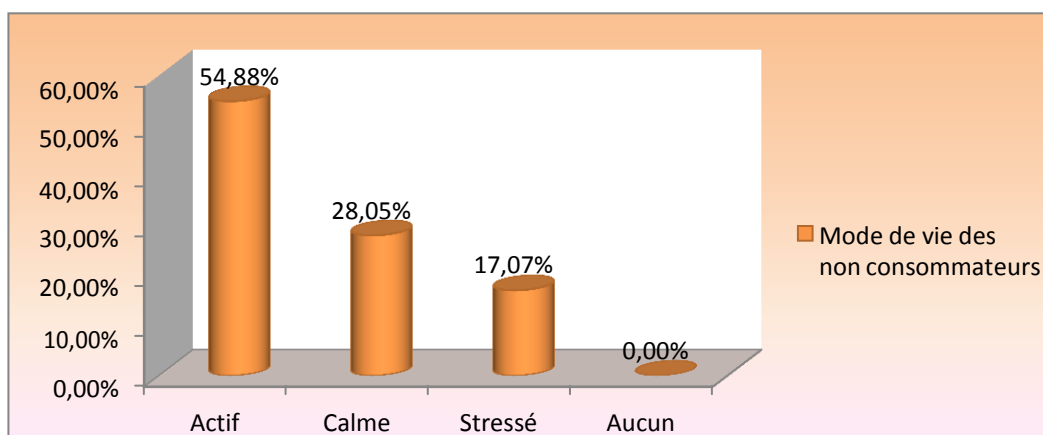


Figure 15 : Répartition des non consommateurs selon le mode de vie.

La figure 15 représente la répartition des non consommateurs en fonction de leur mode de vie. Les résultats de l'enquête montrent que parmi les sportifs non consommateurs (54.88%) actifs, (28.05%) calmes, (17.07%) stressés.

2. Pratique sportive

2.1. Nombre d'entraînements par semaine

➤ Pour les consommateurs

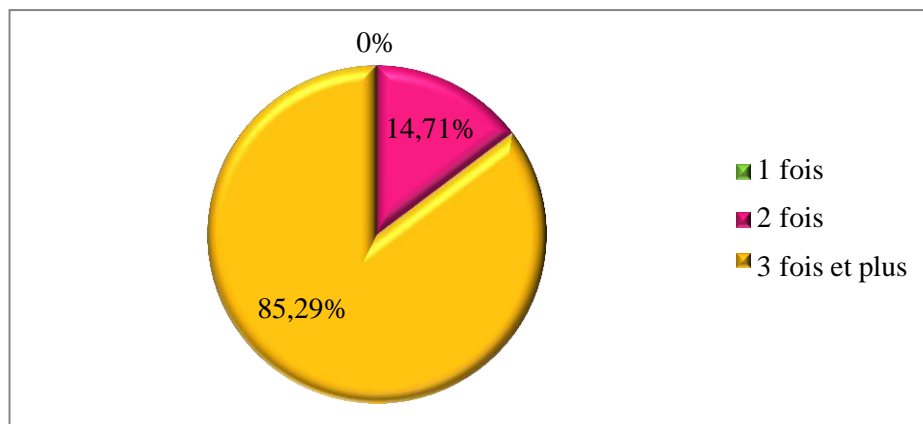


Figure 16: Répartition des consommateurs selon le nombre d'entraînements par semaine.

D'après les résultats de l'enquête la majorité des sportifs amateurs (85.29%) s'entraînent trois fois par semaine, le reste (14.71%) pratique la musculation deux fois par semaine (figure 16).

➤ Pour les non consommateurs

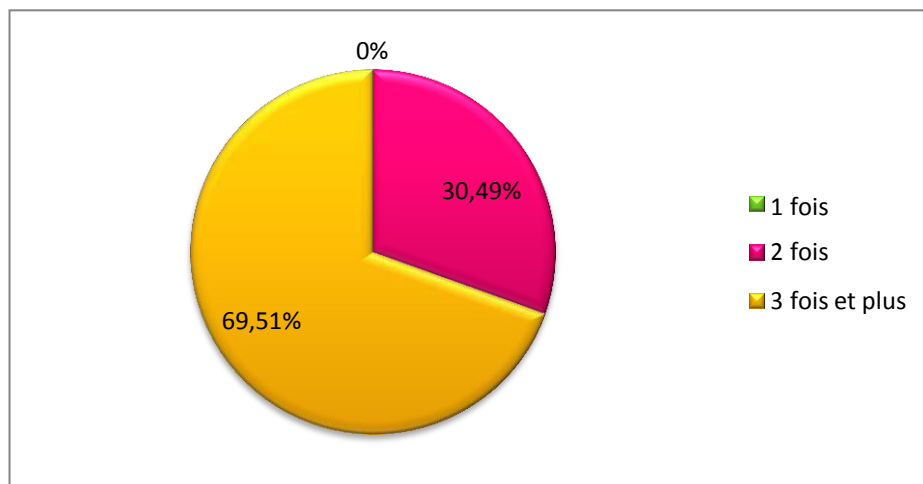


Figure 17: Répartition des consommateurs selon le nombre d'entraînements par semaine.

D'après les résultats de l'enquête la majorité des sportifs qui ne consomment pas de brûleurs de graisses (**69.51%**) s'entraînent trois fois par semaine, le reste (**30.49%**) pratique la musculation deux fois par semaine.

3. Alimentation et complément alimentaire

3.1. Marque de complément alimentaire

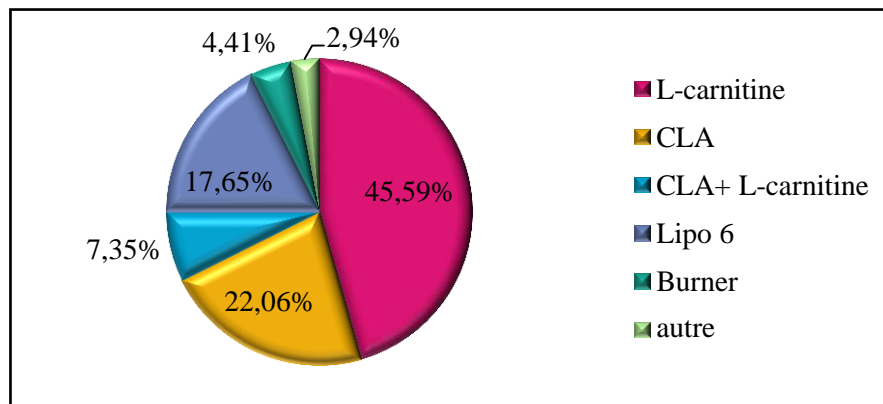


Figure 18: Répartition de l'enquête selon la marque de brûleur de graisse utilisé.

La figure 18 montre une variété des marques de BG utilisés par les sportifs, avec une prédominance pour la L- carnitine (**45.59%**). Pour la CLA et la lipo 6 les pourcentages sont respectivement (**22.06%**) et (**17.65%**). L'association CLA+ L carnitine ainsi que la marque Burner sont consommés à titre moindre avec respectivement les pourcentages (**7.35%**) et (**4.41%**).

3.2. Fréquence de prise

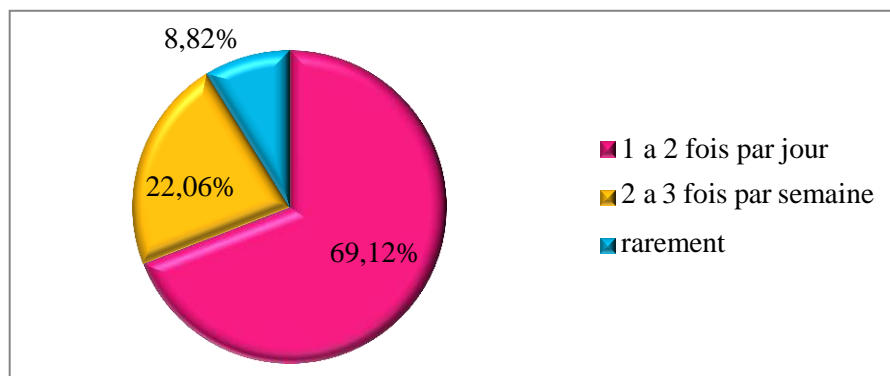


Figure 19 : Répartition des consommateurs en fonction de la fréquence de prise.

La figure 19 représente la répartition des consommateurs en fonction de la fréquence de Prise des BG. Selon les résultats de notre enquête, nous constatons que (69.12%) des consommateurs prennent ces compléments en cure de 1 à 2 fois par jour,(22.06%)les consomment 2 à 3 fois par semaine, en revanche une minorité(8.82 %) les consomment rarement.

3.3. Lieu d'achat des bruleurs de graisses

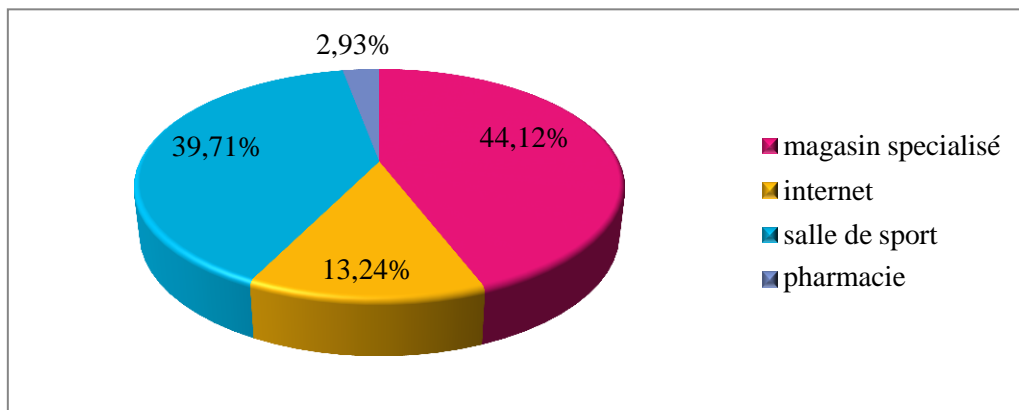


Figure 20: Répartition des consommateurs en fonction du lieu d'achat des BG.

D'après les résultats de l'enquête nous constatons que la majorité des sportifs achètent les bruleurs de graisses des magasins spécialisés et les salles de sport avec des pourcentages allant de (44.12%) à (39.71%). Le reste (13.24 %) achète ces compléments en ligne (internet). Une minorité (2.93%) les achète des officines (**Figure 20**).

3.4. Apparition des effets indésirables

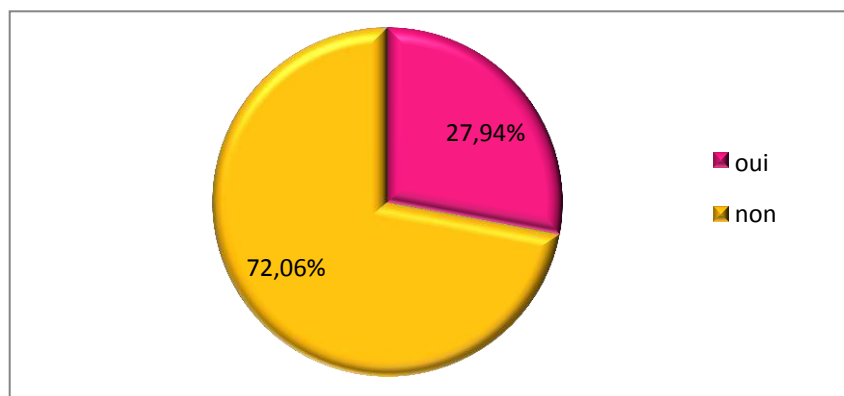


Figure 21: Répartition des consommateurs selon l'apparition des effets indésirables.

Les résultats de l'enquête ont illustré que (27.94%) des consommateurs ont déclaré des effets indésirables survenus lors de la prise de ces suppléments tandis que pour la majorité qui reste (72.06%) aucun effet indésirable n'a été observé (Figure 21).

3.5. Types d'effets indésirables constatés

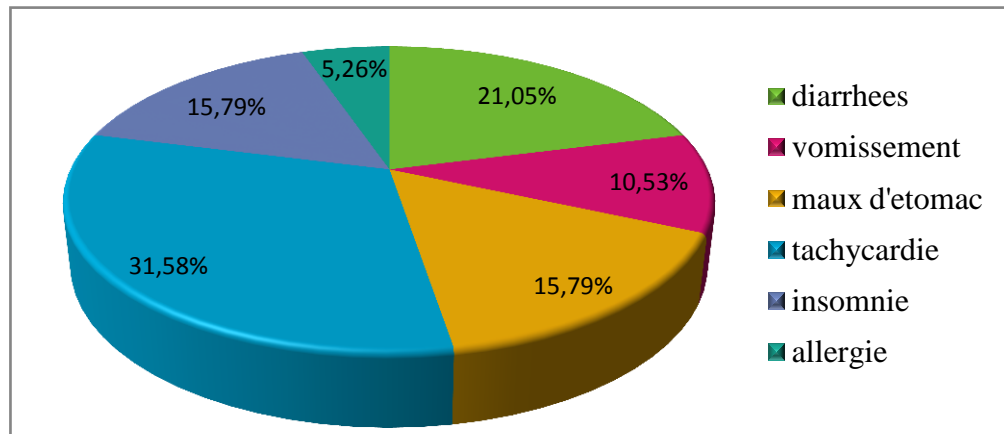


Figure 22: Répartition des types d'effets indésirables constatés après consommation des BG.

D'après les résultats de l'enquête (figure 22) la majorité des consommateurs (31.58%) ont signalé avoir ressenti des palpitations (tachycardie). D'autres ont signalé des troubles digestifs différents tels que des diarrhées (21.05%) maux d'estomac (15.79%) vomissements (10.53%) le reste ont eu des troubles de sommeil (15.79%) et une minorité ont signalé des allergies de type éruption cutanée (5.26%).

3.6. Détermination des concentrations en métaux lourds dans les brûleurs de graisses testés (L carnitine , CLA)

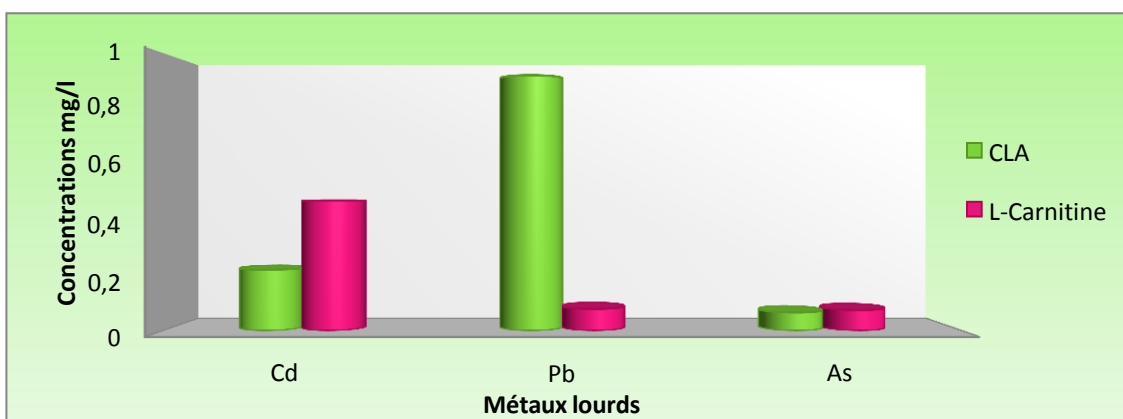


Figure 23 : Concentrations des métaux lourds (Cd,Pb,As) quantifiées dans les échantillons des brûleurs de graisses (L carnitine et CLA)

La figure 23 met en évidence les concentrations des métaux lourds quantifiées dans les échantillons de brûleurs de graisses testés. Nos résultats indiquent des teneurs assez importantes de plomb dans l'échantillon de brûleur de graisses –CLA- avec une valeur de **0,92 mg/l**. Quant au deuxième brûleur de graisses la L-carnitine, la concentration enregistrée pour le plomb est de **0,079 mg/l**, ce qui indique une faible valeur comparée à la valeur notée pour l'échantillon du CLA. Pour ce qui est du cadmium, les valeurs quantifiées ne suivent pas la même tendance que le plomb, ainsi, la valeur du cadmium la plus élevée a été enregistrée dans l'échantillon de la L-carnitine comparé au CLA. Les concentrations du Cd pour les deux brûleurs de graisses avoisinent les **0,468 mg/l** et **0,22 mg/l**. En ce qui concerne les teneurs en Arsenic dans les deux échantillons testés, nous avons constaté des concentrations plus faibles comparées aux concentrations du cadmium et du plomb.

Discussion

Les suppléments thermogéniques sont largement utilisés dans la population générale pour soutenir les tentatives de perte de graisse ; cependant, l'efficacité et l'innocuité de la variété des mélanges d'ingrédients dans ces suppléments sont remises en question. Les produits thermogéniques peuvent stimuler le taux métabolique et la production de chaleur, c'est pourquoi les suppléments qui prétendent augmenter considérablement la dépense énergétique ou le métabolisme des graisses sont communément appelés brûleurs de graisse [58].

L'objectif principal de cette étude est de connaître la prévalence de la consommation des brûleurs de graisses chez 150 sportifs amateurs pratiquant la musculation dans la région d'El Tarf et d'Annaba. Ainsi, les données récoltées auprès des sportifs amateurs qui ont répondu au questionnaire ont permis de cibler les différentes formes et marques utilisées, les moments et la fréquence de leur prise, les sources d'informations considérées et les lieux d'achat les plus fréquents.

Les réponses de cette enquête ont été données pour 60.29 % d'entre elles par des personnes âgées entre 26 et 36 ans. Cette forte représentation de la population sportive jeune est due à la haute performance physique et au mode de diffusion de l'enquête. Ces données sont suivies avec un pourcentage de consommateurs de 22.06 % de personnes âgées entre 16 et 26 ans. Les résultats de l'enquête ont laissé apparaître que les sportifs âgés de plus de 46 ans constituent le groupe d'âge le moins pratiquant la musculation, ceci peut s'expliquer par leur faible capacité physique. Ces résultats coïncident avec les résultats de quelques enquêtes réalisées, à **Dakar (Sénégal) [59]**, en **Lorraine(France) [60]**, ainsi que deux enquêtes effectuées en 2021 et 2022 dans des salles de musculation des wilayas d'El Tarf et d'Annaba [61], [62]. Ces résultats ont montré que les sportifs âgés de plus de 20ans et moins de 40 ans pratiquaient plus la musculation que ceux âgés de moins de 20 ans.

En terme de poids, 36.76 % des sportifs questionnés ont un poids corporel compris entre 85 et 95 kg, et 33.82% des sportifs pèsent entre 95 et 105 kg. Cette tranche représente les sportifs visant une réduction de masse grasse tout en gardant un maximum de masse musculaire. Ainsi l'étude de **Karimian et Esfahani (2011) [63]** portant sur la consommation des suppléments alimentaires chez les athlètes culturistes a révélé que dans la phase de coupe

(éliminer la graisse corporelle tout en essayant de ne pas perdre de muscle), les brûleurs de graisses ont été consommés à plusieurs reprises par un plus grand pourcentage d'hommes.

En ce qui concerne la taille des sportifs questionnés, il apparaît que 55.88% des consommateurs ont une taille entre 175 et 185cm. Nos résultats ont également montré que parmi les 45,33% des sportifs interrogés suivis 57.33% affirment qu'ils sont actifs.

En terme de pratique sportive, 85.29% des consommateurs pratiquent la musculation trois fois par semaine. Ceci est expliqué par la conscience des sportifs que ces compléments ne sont pas des produits magiques et qu'ils leur faut une activité physique régulière pour atteindre leurs objectifs désirés.

Sur les 150 sportifs amateurs ayant participé à notre enquête, 45.33 % d'entre eux ont déclaré avoir déjà consommé un brûleur de graisses. A titre de comparaison, l'enquête de **Mameri et al. (2021) [64]** effectuée à Constantine a révélé que 12.20% des sportifs consomment les compléments alimentaires visant la réduction de la masse grasse et 20.7% pour la prise de la masse musculaire et la réduction de la masse grasse à la fois. Une autre étude **[65]** effectuée aux Etats Unis sur 1255 coureurs masculins d'endurance a révélé que 22% des sportifs pratiquant cette discipline sportive consomment les brûleurs de graisses.

A propos des types et des marques des brûleurs de graisses majoritairement utilisés par les sportifs que nous avons interrogés, on constate que la L-carnitine est le produit le plus consommé avec un pourcentage de 45.59%. Ce résultat peut être expliqué par le fait qu'elle permet à la fois une augmentation des performances physiques et une réduction de la masse grasse **[27]**. Puis vient le produit CLA avec un taux de 22.06% et la lipo 6 à base de caféine avec un taux 17.65 %. Ces résultats coïncident avec l'étude de **Lebret (2018) [66]**, qui a montré que des triathlètes consommant la L-carnitine et enregistrant un taux de 53.8 % pour la réduction de la masse grasse et a 15.4% pour l'augmentation de l'endurance. En revanche la caféine est consommée à 8.4% pour la réduction de la masse grasse et à 62.2% pour l'amélioration de la vigilance. L'étude de **Bescond (2022)[67]** a révélé que parmi les pratiquants de musculation, 35.3% ont déclaré avoir consommé les dérivés d'acides aminés type : Créatine et L-carnitine et 2.4% des compléments à base de caféine pour la phase de sèche. La caféine est souvent l'ingrédient principal des suppléments thermogéniques disponibles dans le commerce en raison de sa capacité à augmenter la dépense énergétique au

repos, ainsi qu'à augmenter l'oxydation des graisses et le renouvellement des acides gras au repos [68] et pendant l'exercice [69].

D'autres travaux ont montré que les CLA sont utilisés pour perdre la graisse, diminuer le catabolisme, renforcer l'immunité et favoriser le gain de force et de la masse musculaire pendant l'entraînement [70]. Cela permet de déduire les variétés des vertus de ces compléments en fonction de la discipline sportive pratiquée ; et qu'ils ne sont pas utilisés uniquement pour la réduction de la masse grasse.

Une autre étude [71] réalisée en Espagne sur 112 handballeurs a révélé que 60 % des pratiquants ont déjà consommé la L-carnitine. ainsi, selon **Jovano et al . (2019) [72]** 61 % des athlètes consomment des compléments alimentaires à base de caféine, des acides aminés la whey et la créatine.

En ce qui concerne la fréquence des prises de ces compléments alimentaires, les résultats montrent que la plupart des consommateurs prennent ces produits 1 à 3 fois par jour. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'une cure à respecter pour atteindre l'objectif souhaité. Ainsi, le respect du mode d'emploi de ces suppléments confirme que les sportifs cherchent les meilleurs résultats.

Notre enquête s'est intéressée à la provenance des compléments alimentaires consommés par les sportifs questionnés. Concernant le lieu d'achat, nos résultats montrent que les magasins spécialisés dans la vente des compléments alimentaires destinés aux sportifs sont les endroits privilégiés pour l'approvisionnement de ces produits 44,12 %, tandis que 39.71% des sportifs les procurent dans les salles de musculation. Cela est expliqué par l'influence des sportifs par les conseils des vendeurs des magasins spécialisés qui leur proposent un large choix des gammes de ces types de produits. Par ailleurs, vu qu'ils coutent chers, les titulaires des salles de musculation vendent ces compléments fractionnés par unité, par gélule et par dose.

Ces résultats sont en accord avec les enquêtes de **Messaouidi et Guediri (2021) [61]** et **Bedoui (2022) [62]** et avec l'étude de **Mameri et al .(2021)[64]**. D'autres études rapportent une provenance assez différente de ces compléments, avec une principale source d'approvisionnement les officines la ou les sportifs préfèrent avoir des conseils des praticiens de santé [60] ,[73]. L'étude de **Delanoy (2017) [74]** a montré que la population des militaires

achète principalement les compléments alimentaires en ligne (via Internet). La même chose pour l'étude de **Bescond (2022)[67]** qui indique que l'internet est plébiscité par les consommateurs des compléments alimentaires avec un pourcentage de 70%.

Les principaux effets secondaires signalés par les consommateurs des brûleurs de graisses sont peu nombreux 27.94% contre 72.06% qui n'ont pas eu des effets alarmants. Ces effets indésirables sont peu nombreux mais peuvent avoir des conséquences graves sur la santé des sportifs.

La plupart des effets déclarés par les sportifs enquêtés sont d'ordres digestifs 47.31% comportant des vomissements, des diarrhées et des maux d'estomac. D'autres effets d'ordre cardiovasculaires ont été enregistrés ; type tachycardie avec un pourcentage de 31.58%, troubles du sommeil 15.79% et des allergies dermiques 5.26%. L'étude de **Mameri et al. (2021) [64]** a constaté également des troubles du sommeil et des allergies et encore d'autres effets indésirables rénaux et neuropsychiatriques liés à la consommation des compléments alimentaires par les sportifs. La tachycardie et les insomnies sont causés principalement par les compléments alimentaires à base de caféine [43] . Tandis que les troubles digestifs sont provoqués par l'acide linoléique conjugué [2].

Le rapport de **P'ANSES (2016)** a fait état de 49 signalements d'effets indésirables susceptibles d'être liés à la consommation de compléments alimentaires destinés aux sportifs dont 17 sont assez complets pour prouver l'imputabilité. Les effets indésirables décrits sont principalement cardio-vasculaires (sensations d'oppression, douleurs thoraciques, tachycardie, hypertension artérielle, troubles du rythme, arrêt cardiaque),psycho-comportementaux ou neurologiques (irritabilité, nervosité, anxiété, crises de panique, hallucinations, épilepsie) [43]

Le risque d'effets indésirables suite à la consommation de ce type des produits est d'autant plus élevé que certains consommateurs ont tendance à consommer le produit à des doses supérieures à celles recommandées par le fabricant (créant ainsi un risque de surdosage) ou à prendre plusieurs produits de façon concomitante. Par ailleurs, il faut tenir compte des variabilités inter individuelles, des interactions médicamenteuses possibles par exemple la L-carnitine associée avec les anti-vitaminiques K peut provoquer un risque de syndrome hémorragique. Certaines substances ont des effets potentialisateurs connus lorsqu'elles sont associées (synéphrine et caféine par exemple). Les extraits de plantes peuvent minorer ou majorer les effets de médicaments pris de façon concomitante [43]. Plusieurs aides

amincissantes et médicaments à base de plantes associés à une hépatotoxicité sévère ont été rapportés dans la littérature [75],[76].

En effet, les brûleurs de graisses sont décrits pour fonctionner en augmentant la thermogénèse et le taux métabolique de base, imitant ainsi l'exercice. Malgré la perception commune que ces suppléments naturels sont exempts d'effets secondaires, certains sont associés à de graves toxicités, notamment l'hépatotoxicité.[77]

En outre, en matière de compléments alimentaires et d'un point de vue sanitaire, le problème est leur contamination potentielle, notamment par les métaux lourds. Ce constat nous a mené dans ce travail à analyser des échantillons de deux types de brûleurs de graisses (L-Carnitine et CLA) vendus massivement en Algérie aux sportifs professionnels et amateurs en quantifiant les concentrations de trois métaux lourds le cadmium, le plomb et l'arsenic.

Les métaux lourds, notamment l'As, le Cd et le Pb, sont omniprésents dans l'environnement, et la contamination des aliments peut se produire par diverses sources anthropiques et non anthropiques. Les aliments qui contiennent de l'As comprennent les poissons marins, les moules, les algues et certains crustacés (qui peuvent contenir des concentrations allant jusqu'à 100 mg/kg) [78] , [79]. Les autres sources alimentaires contenant de l'As inorganique comprennent les viandes, la volaille, les produits laitiers et les céréales. L'As organique se trouve dans les fruits et légumes, mais à des concentrations beaucoup plus faibles [78]. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'apport alimentaire typique estimé en As chez les hommes adultes âgés de 25 à 30 ans est de 9,9 µg/jour [80]. Il a été noté que, par rapport aux hommes, les femmes et les enfants ont un apport alimentaire en As plus élevé, et que cet apport augmenterait également avec l'âge. [81].

Les résultats obtenus dans notre travail ont révélé des concentrations faibles en arsenic dans tous les échantillons testés. Les niveaux moyens d'As dans les deux produits étaient de 0,066 et 0,075 µg/ml. Par ailleurs, d'après nos résultats, les concentrations moyennes d'As ingérées à partir de trois portions de brûleurs de graisses (carnitine et CLA) sont équivalent à 0,198 et 0,225µg/jour, ce qui est nettement inférieur à l'apport alimentaire moyen en As de 9,9 µg/jour signalé par l'OMS. Ainsi, nos analyses ont montré des niveaux inférieurs aux niveaux maximaux autorisés (0,15 µg/g) fixée par la pharmacopée américaine en 2012 [82]. Les niveaux d'apport quotidien en As de nos échantillons sont inférieurs à l'apport journalier autorisé recommandé par l'OMS/FAO [83]. De plus, les échantillons avaient des niveaux

inférieurs au niveau de la LMR de 21 µg/jour [84] La LMR est une estimation de l'exposition quotidienne à une substance dangereuse susceptible d'être sans risque appréciable d'effets nocifs non cancéreux sur la santé pendant une durée d'exposition spécifiée [81] Pourtant, même si les niveaux d'As dans tous nos échantillons étaient inférieurs aux valeurs de référence pour la sécurité sanitaire, nos compléments alimentaires doivent être surveillés pour la teneur en As dans les échantillons alimentaires qui contiennent du Fe et du Mn comme nutriments essentiels [85].

L'analyse du Pb dans l'échantillon de carnitine a mis en évidence une concentration faible de 0,079 µg/ml. Pour l'échantillon de CLA, les niveaux moyens enregistrés sont de 0,92 µg/ml. Il est à noter que les niveaux de Pb de l'échantillon CLA sont supérieurs aux niveaux maximaux autorisés de 0,5 µg/g pour le Pb [78]. A titre de comparaison, les niveaux de Pb (0,25-3,86 µg/g), dans les suppléments alimentaires en comprimés de vitamines, de minéraux et d'herbes, rapportés par **Tumir et al. (2010) [86]** sont compatibles avec les niveaux de Pb de cette étude. Par ailleurs, l'ingestion de trois portions de brûleurs de graisses était associée à un apport quotidien moyen de 0,237 µg/jour de Pb pour la L-carnitine et de 2,76 µg/jour de Pb pour le CLA ; ce qui est nettement inférieur à l'apport alimentaire quotidien estimé en Pb pour les adultes. En effet, selon le CIRC [87], aux États-Unis, l'apport alimentaire quotidien estimé en Pb est d'environ 83 µg/jour [87]. Cependant, l'apport alimentaire en plomb peut varier en fonction de la localisation géologique, par exemple, l'apport alimentaire quotidien peut aller de 7 µg/jour (en Malaisie) à 230 µg/jour (en Belgique) [87]. La quantité de Pb qu'un individu ingère via la nourriture dépend en grande partie des concentrations de Pb trouvées dans le sol, l'air et l'eau où la nourriture a été cultivée [88]. Les sources anthropiques de Pb, telles que la proximité d'industries produisant des émissions de Pb, ont un impact sur les niveaux de Pb dans les aliments.[81].

En ce qui concerne le Cd, les niveaux moyens dans les échantillons testés, sont de 0,22 µg/ml pour le CLA et 0,46 µg/ml pour la L-carnitine. Ainsi, ces échantillons ont présenté des niveaux de Cd inférieurs au niveau maximal autorisé qui est de 2,5 µg/g [78].

L'apport quotidien de Cd dans les deux échantillons, se situe dans un intervalle de 0,66 à 1,404 µg/jour, ce qui est inférieur à l'exposition quotidienne autorisée par les médicaments et les compléments alimentaires (25 µg/jour). Les niveaux des échantillons étudiés étaient inférieurs à la LMR de 14 µg/jour [84]. Il est à signaler que même si les niveaux de Cd étaient

inférieurs aux valeurs de sécurité et de santé référencées, mais en raison des occurrences naturelles de Cd avec des métaux essentiels (Ca, Zn), les compléments alimentaires doivent être analysés pour la teneur en Cd dans les échantillons qui sont essentiels pour fournir les nutriments tels que Ca et Zn [85].

Le cadmium est présent dans la plupart des denrées alimentaires, mais à des concentrations "inférieures" (concentration moyenne rapportée $<0,02 \mu\text{g/g}$) [89], [90]. Des concentrations plus élevées de Cd se trouvent dans les légumes à feuilles, les racines féculentes, les céréales, les grains et les noix par rapport à la concentration dans les viandes ou les produits laitiers.[81]

Les facteurs naturels qui influencent les niveaux d'As, de Cd, de Hg et de Pb dans les aliments sont le type d'aliment spécifique, les conditions de croissance (type de sol et eau), les pratiques agricoles et de culture et les conditions météorologiques (c'est-à-dire le taux de dépôt atmosphérique, les zones avec des formations géologiques riches en métaux lourds). Les suppléments alimentaires sont produits à base de plantes, de viandes et de lait et ses dérivés qui peuvent être les principales sources de contamination par les métaux lourds. Les plantes absorbent facilement les métaux lourds dans l'air, l'eau et le sol, et ces métaux lourds peuvent rester dans le produit final, même après la transformation [91] , [92] , [93]. D'autre part, le lieu d'approvisionnement en matières premières pour la fabrication des brûleurs de graisses peut avoir un impact sur la teneur en métaux lourds du produit final.

Lorsqu'ils sont ingérés en quantités suffisantes, l'As, le Cd et le Pb peuvent être associés à des effets néfastes sur la santé humaine, notamment la cancérogenèse, la neurotoxicité, la néphrotoxicité et les problèmes de reproduction [94]. Par exemple, l'exposition chronique au Cd est associée à des troubles rénaux, une perturbation de la thyroïde et des os affaiblis, tandis qu'une exposition chronique à l'As est associée à des lésions cutanées et à des effets cancérogènes [95]. De plus, de fortes doses de Pb ingérées entrent en compétition avec le calcium dans le corps, affectant la libération des neurotransmetteurs et la synthèse de l'hème, ce qui peut entraîner des effets nerveux, hématologiques, reproductifs et rénaux [96],[97],[98].

Cependant, il convient de noter que sur l'emballage de tous les suppléments analysés, il n'y a aucune information d'avertissement sur la durée maximale de leur utilisation. Par conséquent, le surdosage de ce type de produits est assez courant car on pense que les produits à base de plantes et les suppléments ne présentent aucune menace pour la santé. En outre, la combinaison de différents médicaments et suppléments présente un risque non seulement en termes d'interactions entre les produits chimiques contenus dans différentes préparations, mais également en raison de la pénétration de métaux lourds dans l'organisme à partir de d'autres sources. Les consommateurs devraient accorder plus d'attention à la consommation de compléments alimentaires et être conscients des effets négatifs qu'ils peuvent entraîner. Pour renforcer la sécurité des consommateurs de compléments alimentaires, il semble nécessaire de mettre en place un contrôle de qualité plus strict et de déterminer des schémas posologiques sûrs. Plusieurs études ainsi que nos enquêtes antérieures ont également montré que la quantité de concentrations de métaux lourds dans les compléments alimentaires testés peut dépendre de la provenance des matières premières et du produit fini.

CONCLUSION

Conclusion

La musculation est à la base de la pratique du culturisme, de la force athlétique ou de l'haltérophilie. Cette pratique est un ensemble d'exercices physiques visant le développement des muscles squelettiques, afin d'acquérir plus de force, d'endurance ou de volume musculaire.

Les sportifs amateurs pratiquant la musculation ont tendance à consommer des compléments alimentaires dont le but d'améliorer leurs performances, prendre de la masse musculaire, ou encore réduire la masse grasse.

L'usage inapproprié de ces suppléments se fait trop souvent sans encadrement médical, de plus ces produits ne sont pas aussi strictement réglementés que les médicaments, leur efficacité peut ne pas être fiable, ainsi lorsqu'ils sont pris à des doses dépassant la quantité recommandée, ils peuvent provoquer des effets néfastes pour le consommateur. Aussi il peut cependant arriver que ces compléments alimentaires soient adultérés par des substances dopantes et/ou dangereuses puisque disponibles à la vente facilement, en pharmacies, magasins diététiques ou dans les salles de sports.

Une prise en charge plus globale des sportifs associée à une meilleure formation et un plus grand intérêt des praticiens de santé à ce sujet permettrait d'améliorer la relation (sportif-médecin) et de confier aux professionnels de santé un rôle central dans l'utilisation de ces produits. Une sensibilisation et éducation continue également des athlètes sur les dangers de ces produits et le dopage est possible via des campagnes de communication, des séminaires et des ateliers interactifs.

Les données de la présente étude suggèrent que la consommation des brûleurs de graisses est fréquente chez les sportifs amateurs d'El Tarf et d'Annaba, en raison des bénéfices décrits par les marques de ces produits; l'amélioration des performances, la réduction de la masse grasse tout en gardant le maximum de muscle.

Notre étude présente une évaluation préalable des risques pour déterminer si l'ingestion de ces suppléments est probablement une source importante d'exposition aux métaux lourds. En effet, les résultats indiquent que les compléments les plus utilisées sont la L-carnitine et l'acide linoléique conjugué (CLA). L'analyse de ces échantillons par la méthode de

spectrophotométrie d'absorption atomique a mis en évidence des concentrations fluctuantes de trois métaux lourds testés à savoir le plomb, le cadmium et l'arsenic.

À la lumière de ce travail, nous pouvons conclure que la consommation des compléments alimentaires est devenue une partie intégrante de la réalité des sportifs amateurs algériens. Cependant, une surconsommation ou un abus de ces produits peut être une source des effets nocifs pour le consommateur vu la possibilité que ces produits soient contaminés par les métaux lourds.

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

Comme perspectives d'autres travaux devraient être menés dans le contexte d'expositions de fond pertinentes et de normes sanitaires établies étudiant la présence de contaminants dangereux.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1. Brochard F.2013.** Les compléments alimentaires et les produits diététiques de l'effort. Thèse pharmacie. Université de Nantes.p5.
- 2. FEKIR Y .2018.** Nutrition et consommation de compléments alimentaires en musculation : les risques de dérives possibles et le rôle du pharmacien d'officine pour les éviter. Thèse de doctorat en pharmacie .faculté de pharmacie de lyon1.p26.
- 3. Directive 2002/46/CE** du parlement européen et du Conseil du 10 juin 2002 relative au rapprochement des législations des états membres concernant les compléments alimentaires.
- 4. Bas F.2020.** Quels sont les rôles de la caféine et de la créatine dans l'amélioration des performances sportives. thèse. Université catholique de Louvain.
- 5. Genuis G., Schwalfenberg AK.2012.** Toxic élément contamination of natural health products and pharmaceutical preparations. PLoS One ,7 (11), e49676.
- 6. Décret no 96-307** du 10 avril 1996 complétant le décret du 15 avril 1912 pris pour l'application de la loi du 1er août 1905 sur les fraudes et falsifications en matière de produits ou de services en ce qui concerne les denrées alimentaires (JORF n°87 du 12 avril 1996 page 5643).
- 7. directive européenne 2002/46/CE** en droit français par le décret 2006-352 publié au J.O. de la République Française, le 20 mars 2006.
- 8. Villepin D., Breton T., Clément P., Bertrand X., Bussereau D.** Décret du N° 352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. Paris.
- 9. Castelli P.2020.** Les compléments alimentaires risques de surconsommation. Thèse de pharmacie. Faculté de pharmacie de Marseille .p27.
- 10. Esseghir L., Cayrol C.2010.** Santé les compléments alimentaires. Thèse Université de Paris. p 9.
- 11. Sévaux G .2014.** Compléments alimentaires et allégations santé : évolution législative et réglementaire p 62.

- 12. Valette J. 2015** .les compléments alimentaires définition, aspects, réglementaires, cas pratiques : un médicament qui évolue en complément alimentaire. Thèse Pour diplôme de docteur en pharmacie. Université de limoges. p 30.
- 13. Poli J. 2020.**Les probiotiques : leurs mécanismes d'action et leur place dans l'arsenal thérapeutique du conseil officinal associés dans les troubles digestifs. Thèse pour diplôme de docteur en pharmacie. Faculté de pharmacie aix marseille.p 6.
- 14. Thibault M. 2017.** Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques. Thèse pharmacie. Université de lorraine .p1.
- 15. Meeus O., Momo F. 2014.** Diététique de la musculation. Amphora. PARIS: Amphora. p20.
- 16. Slater G., Phillips SM.2011** .Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. J Sports Sci, 29(sup1), S67-77.
- 17. Hall WL., Millward DJ., Long SJ., Morgan LM.2003.** La caséine et le lactosérum exercent des effets différents sur les profils plasmatiques d'acides aminés, la sécrétion d'hormonegastro - intestinale et l'appétit. Br J Nutr, 89 (2), 239-48.
- 18. Athmani S., Baba D. 2017** .Les compléments alimentaires consommés par les sportifs de la région de Tlemcen : composition et effets sur les paramètres biochimiques sanguins. Thèse de fin d'études pour l'obtention du diplôme de docteur en pharmacie. Faculté de médecine de Tlemcen. p31.
- 19. Maughan, RJ ., Shirreffs SM., Vernec A.2018.** Making Decisions About Supplement Use. Int J Sport NutrExercMetab, 28(2), 212-9.
- 20. Calot P. 2017.** Les suppléments utilisés en musculation pour améliorer la condition physique. Thèse de doctorat pharmacie. Université de lorraine. p77-78.

21. **Farkas M. 2019.**Suppléments protéinés chez le sportif adulte en salle. Quelle est la place du médecin généraliste ? . Thèse de doctorat en médecine. Faculté de médecine Montpellier Nîmes .p28.
22. **Venesson J.2011.** Nutrition de la force. Thierry Souccar Eds. p 168.
23. **Kreider RB., Klesges R .,Harmon K., Grindstaff P .,Ramsey L .,Bullen D., Wood L., Li Y.,Almada A.1996.** Effects of ingesting supplements designed to promote lean tissue accretion on body composition during resistance training. Int J Sport Nutr, 6 (3), 234-46.
24. **Ziga J .2019.**Risks associated with fat burners: A toxicological perspective. toxicologie alimentaire et chimique, 123,205-22 .
25. **Vermeer R .2017.** Intérêt de la carnitine dans les compléments alimentaires destinés aux sportifs. Thèse doctorat pharmacie. Université de picardie jules verne. p 25.
26. **Meynadier A., Enjalbert F. 2005.**Les acides linoléiques conjugués : Intérêts biologiques en nutrition. Rev Médecine Vét, 1 (4), 207-16.
27. **Hathcock JN., Shao A .2006.** Risk assessment for carnitine. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 46(1), 23-28.
28. **Penry JT.,Manore MM.2008.** Choline: an important micronutrient for maximal endurance-exercise performance? Int J Sport Nutr Exerc Metab, 18(2), 191-203.
29. **Bafna PS., Patil PH., Maru SK., Mutha SE.2021.** *Cissus quadrangularis L*: A comprehensive multidisciplinary review. Journal of Ethnopharmacology, 279 ,114355.
30. **Alasbahi RH ., Melzig MF. 2010 .***Plectranthus barbatus*: A review of phytochemistry, ethnobotanical uses and pharmacology part 1. Planta Medica , 76(7), 653-661.

- 31. Semwal RB., Semwal DK., Vermaak I., Viljoen A. 2015.** A comprehensive scientific overview of *Garcinia cambogia*. *Fitoterapia*, 102,134-148.
- 32. Yan R., Wang W., Guo J., Liu H., Zhang J., Yang B. 2013.** Studies on the alkaloids of the bark of *Magnolia officinalis*: Isolation and on-line analysis by HPLC-ESI-MSn. *Molecules*, 18(7), 7739-7750.
- 33. Qiang S., Long X., Jiawen S., Xiaofeng Li. 2020.** Evodiamine: A review of its pharmacology, toxicity, pharmacokinetics and preparation researches. *Journal of Ethnopharmacology*, 262, 113164.
- 34. Heckman MA., Weil J., 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), 77-87.
- 35. ANSES 2014** Avis relatif aux risques liés à la présence dans les compléments alimentaires de *p*-synéphrine ou d'ingrédients obtenus à partir de fruits de *Citrus* spp. en contenant. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort, Fr.
- 36. Bergeron MF., Senchina DS., Burke LM., Stear SJ., Castell LM. 2010.** A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance--Part 13. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 985-986.
- 37. Müller D., Weinmann W., Hermanns Clausen M. 2009.** Chinese slimming capsules containing sibutramine over the internet - A case series. *Deutsches Arzteblatt*, 106(13), 218-222.
- 38. Austin KG., Travis J., Pace G., Lieberman HR. 2014.** Analysis of 1,3 diméthylamylamine concentrations in Geraniaceae, geranium oil and dietary supplements. *Drug Testing and Analysis*, 6(7-8), 797-804.
- 39. Yen M., Ewald MB. 2012.** Toxicity of weight loss agents. *J Med Toxicol*, 8(2), 145-152.

- 40. Nazeri A., Massumi A., Wilson JM., Frank CM, Bensler M., Cheng J., Saeed M., Rasekh A., Razavi M. 2009.** Arrhythmogenicity of weigh-loss supplements marketed on the Internet. *HeartRhythm*, 6(5), 658-62.
- 41. Bloomer RJ., Harvey IC.,Farney TM., Bell ZW.,Canale RE.2011.** effects of 1,3-dimethylamylamine and caffeine alone or in combination on heart rate and blood pressure in healthy men and women. *Phys sports med* ,39(3),111-120.
- 42. Andraws R., Chawla P., Brown DL.2005.** Cardiovascular effects of ephedra alkaloids: a comprehensive review. *Prog Cardiovasc Dis*, 47(4),217-25.
- 43. ANSES.2016.** Les compléments alimentaires destinés aux sportifs-Avis de l'Anses.
- 44. Avelar Escobar G., Méndez Navarro J., Ortiz Olvera NX., Castellanos G., Ramos R., Gallardo Cabrera VE., Vargas-Alemán JJ., Díaz LÓ., Rodríguez EV., Dehesa-Violante M. 2012.** Hepatotoxicity associated with dietary energy supplements: use and abuse by young athletes. *Ann Hepatol*, 11(4), 564-9.
- 45. Foley S., Butlin E., Shields W., Lacey B.2014.** Experience with OxyELITE pro and acute liver injury in active duty service members. *Dig Dis Sci*, 59(12), 3117-21.
- 46. Dhar R., Stout CW., Link MS., Homoud MK., Weinstock J.2005.** Cardiovascular toxicities of performance-enhancing substances in sports. *Mayo Clin Proc*, 80(10),1307-15.
- 47. Momaya A., Fawal M., Estes R. 2015.**Performance-enhancing substances in sports: a review of the literature. *Sports Med Auckl NZ*,45(4),517-31.
- 48. Verdier E. 2020.**Contaminants dans les aliments : panorama des modes de contamination et des risques. Point pour la pratique du diététicien-nutritionniste. *Cahiers de nutrition et diététique*, 55(2) ,82-88.

- 49. Bousedria S., Hachouf R., Satha S. 2020.** Contribution à l'étude des risques liés à la consommation des compléments alimentaires. Mémoire master. Université 08 mai 1945 Guelma. p42.
- 50. Nathalie A., Veronique S., Gilles R. 2012.** Toxicologie alimentaire et chimique : Exposition alimentaire aux oligo-éléments et évaluation des risques pour la santé dans la 2e étude française sur l'alimentation totale, 7, 2432-244.
- 51. Darell A., Anthony D., Todd C., kahkashan Z., Roger W. 2010.** Metal Impurities in Food and Drugs. *Pharmaceutical research*, 27, 750-755.
- 52. Meyer V. 2011.** Contaminants minéraux dans les compléments alimentaires. Colloque produits alimentaires. Laboratoire de Strasbourg-Illkirch.
- 53. Codex alimentarius .** CXS 56-2004. Code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination des aliments par le plomb. p2
- 54. Squinazi F. 2020.** Les effets du plomb sur la santé. *Year Book Santé et environnement*, 2, 111-114.
- 55. programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur les contaminants dans les aliments. 2018.** CX/CF 18/12/16. Développement d'un code d'usages pour la prévention et la réduction de la contamination du cacao par le cadmium. p 6-8.
- 56. Genchi, G., Sinicropi M., Graziantonio L., Carocci A., Catalano A. 2020.** The Effects of Cadmium Toxicity. *International journal of Environment Research and public health*, 17(11), 3782.
- 57. Boisset M. 2017.** Les Métaux Lourds dans l'alimentation : quels risques pour les consommateurs ?. *Médecine des maladies métaboliques*, 11(4), 337-340.
- 58. Prather JM., Florez CM., Vargas A., Soto B., Harrison A., Willoughby D., Tinsley G., Taylor L. 2023.** The effects of a thermogenic supplement on metabolic and hemodynamic variables and subjective mood states. *J Int Soc Sports Nutr*, 20(1), 2185538.

- 59. Diata M .2007.** Profile et motivation à la pratique de la musculation en salle. Mémoire de maitrise des sciences et technique. Université cheikh anta diop Sénégal.
- 60. Deloy L.2017.** Compléments et produits alimentaires chez le sportif : consommation, risques et importance du conseil officinal. Thèse pharmacie. Université de Lorraine.
- 61. Messaoudi A.,Guediri N.2021.** Contribution à l'étude des risques liés à la consommation des compléments alimentaires destinés aux sportifs visant le développement musculaire. Mémoire master. Université Chedli Bendjedid El Tarf.
- 62. Bedoui A.2022.** Contribution à l'étude de l'effet toxique potentiel de la consommation des suppléments alimentaires protéinés chez les sportifs amateurs. Mémoire master. Université Chedli Bendjedid El Tarf.
- 63. Karimian J., Esfahani PH.2011.** Supplement consumption in body builder athletes. Journal of research in medical sciences, 16(10) ,1347-1353.
- 64. Mameri M., Khenioui I.,Aouadi I., Bechkit C.2021.**Danger des compléments alimentaires chez les sportifs. Mémoire pharmacie. Faculté de médecine Constantine.
- 65. Barrack MT., Muster M., Nguyen J.,Rafferty A., Lisagor T. 2020.**An Investigation of Habitual Dietary Supplement Use Among 557 NCAA Division I Athletes. J. Am. Coll. Nutr, 39, 619–627.
- 66. Lebert S. 2018.**Evaluation de la consommation de compléments alimentaire dans une population de triathlètes. Thèse de Doctorat en médecine générale .Université d'Angers.
- 67. Bescond F.2022.** Complément alimentaire et médicament pendant la musculation l'esthétique au détriment de la santé. Thèse pharmacie. Université de Nantes.
- 68. Acheson KJ., Gremaud G., Meirim I., Montigon F., Krebs Y., Fay LB., Gay LJ., Schneiter P., Schindler C., Tappy L.2004.** Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling? Am J ClinNutr,79(1),40-6.

- 69. Ramírez-Maldonado M., Jurado-Fasoli L., Del Coso J., Ruiz RJ., Amaro-Gahete FJ .2021.** Caffeine increases maximal fat oxidation during a graded exercise test: Is there a diurnal variation? *J Int Soc Sports Nutr*, 18(1),1.
- 70. Kreider RB., Ferreira MP., Greenwood M., Wilson M., Almada AL.2002.** Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation During Resistance Training on Body Composition, Bone Density, Strength, and Selected Hematological Markers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 325-334.
- 71. Munoz A., Lopez S., Dominquez R., Moreno perez V., Jesus Sanchez OA., Del Coso J.2020.** use of sports supplements in competitive handball players: sex and competitive level difference. *Nutrients*, 12, 3357.
- 72. Jovano P., Dordic V., Obradovic B., Barak O., Pezo L., Maric A., Sakac M.2019.** Prevalence, knowledge and attitudes towards using sports supplements among young athletes. *int.soc.sport nutr*, 16, 27.
- 73. Arazi H., Saeedi T., Sadeghi MM., Nastaran M., Mohammadi M . 2014.** Prevalence of supplements use and knowledge regard to doping and its side effects in Iranian athlete university students participated in sports Olympiad competitions at summer. *Acta Kinesiologica*, 8(2),76-81.
- 74. Delanoy J., Lafourcade P., Bigard X., Malgoyre A.2017.** Consommation de produits ergogéniques au sein d'unités de combat de l'armée en opération extérieure. *Sci Sports*, 32(6), 334-43.
- 75. Chitturi S., Farrell GC.2008.** Hepatotoxic slimming aids and other herbal hepatotoxins. *J GastroenterolHepatol*, 23, 366-73.
- 76. Stickel F., Patsenkar E., Schuppan D.2005.** Herbal hepatotoxicity. *J Hepatol*, 43, 901-10.
- 77. Yellapu RK., Mittal V., Grewal P., Fiel M., Schiano T.2011.** Acute liver failure caused by 'fat burners' and dietary supplements: a case report and literature review. *Can J Gastroenterol*, 25(3), 157-60.

- 78. IARC .2012.** IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. WHO-IARC; Lyon, France: Arsenic and arsenic compounds; pp. 41–93.
- 79. Kortei NK., Heymann ME., Essuman EK., Kpodo FM., Akonor PT., Lokpo SY., Boadi NO., Ayim-Akonor M., Tettey C.2020.** Health risk assessment and levels of toxic metals in fishes (*Oreochromis niloticus* and *Claria sanguillaris*) from Ankobrah and Pra basins: impact of illegal mining activities on food safety. *Toxicol* , 7,360–369.
- 80. WHO .2004.** Second edition . World Health Organization - IPCS/JECFA; Geneva: Environmental Health Criteria 224: Arsenic and Arsenic Compounds.
- 81. Bandara SB., Towle KM., Monnot AD.2020.** A human health risk assessment of heavy metal ingestion among consumers of protein powder supplements. *ToxicolRep*,21(7),1255-1262.
- 82. USP.2012.** Les nouvelles USP <232> (Elemental Impurities-Limits) et USP <233> (Elemental Impurities-Procedures). http://www.chemicalsolutionsltd.com/Cap_USP.htm.
- 83. JECFA 1989.** Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants, trente-trois rapports du comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires. Genève : Série de rapports techniques de l'OMS 776.
- 84. Avula A., Wang YH., Duzgoren-Aydin NS., Khan IA.2011.** Composition élémentaire inorganique de compléments alimentaires multivitamines/minéraux commerciaux : application de la spectroscopie de masse à couplage inductif par cellule de collision/réaction. *Chimie alimentaire*, 127 , 54–62.
- 85. Korfali SI., Hawi T., Mroueh M.2013.** Evaluation of heavy metals content in dietary supplements in Lebanon. *Chem Cent J*, 7(1),10.
- 86. Tumir H., Bošnjir J., Dragun Z., Tomić S., Puntarić D., Jurak G.2010.** Surveillance de la teneur en métaux et métalloïdes des compléments alimentaires sur le marché croate. *Contrôle alimentaire*, 21,885–889.

- 87. WHO-IARC. 2006.** IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: inorganic and organic lead compounds. (A Review of Human Carcinogens). Lyon, France,(87).
- 88. Marin S., Pardo O., Sanchez A., Sanchis Y., Velez D., Devesa V., Font G., Yusa V.2018.** Assessment of metal levels in foodstuffs from the Region of Valencia (Spain). *Toxicol*,5,654–670.
- 89. IARC. 2012.** IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. WHO-IARC; Lyon, France: Cadmium and cadmium compounds; pp. 121–145.
- 90. Renieri EA., Safenkov IV., Alegakis AK., Slutskaya ES., Kokaraki V., Kentouri M., Dzantiev BB., Tsatsakis AM.2019.** Cadmium, lead and mercury in muscle tissue of gilthead seabream and seabass: risk evaluation for consumers. *Food Chem. Toxicol*, 124,439-449.
- 91. FDA 2016 .**Food and Drug Administration (FDA); Silver Spring, MD: Arsenic in Rice and Rice Products - Risk Assessment Report. <https://www.fda.gov/media/96071/download>
- 92. Ghosh A., Majumder S., Awal MA., Rao DR.2013.** Arsenic exposure to dairy cows in Bangladesh. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* ,64(1),151–159.
- 93. Gundert-Remy U., Damm G., Foth H., Freyberger A., Gebel T., Golka K., Rohl C., Schupp T., Wollin KM., Hengstler JG.2015.** High exposure to inorganic arsenic by food: the need for risk reduction. *Arch. Toxicol*,89(12),2219–2227.
- 94. Needleman H.2004.** Lead poisoning, *Annu. Rev. Med*, 55,209–222.
- 95. Papanikolaou NC., Hatzidaki EG., Belivanis S., Tzanakakis GN., Tsatsakis AM. 2005.** Lead toxicity update. A brief review, *Med. Sci. Monit*, 11 (10) ,RA329–336.
- 96. Clean Label. 2018 .**Protein Powder Study, Retrieved March 24, 2020 from: Clean Label Project, Broomfield, CO, 2018 . <https://cleanlabelproject.org/prote%20in-powder>
- 97. Consumer Reports.2010.** Investigation: Test Reveal Contaminants in Many Protein Drinks, Unclear Labeling May Lead to Excessive Protein Consumption Which Can Pose Health Problems, Last Modified June 1. Retrieved March 24, 2020 from:, Consumer Reports, Yonkers, NY.

98. Bernhoft RA.2012. Mercury toxicity and treatment: a review of the literature, J. Environ. Public Health, 2012, 1-10.

WEBOGRAPHIE:

Site web 01: <https://www.nutritienda.com/fr/weider/mega-mass-4000-4000g>. Consulté le 19/04/2023.

Site web 02: <https://www.toutelanutrition.com>. Consulté le 20/04/2023.

ANNEXE 01

Questionnaire

A-DEMOGRAPHIE

1- Age :

2- Poids :

3- Taille :

B- SANTE ET MODE DE VIE

1-Quel est votre rythme de vie ?

Actif Calme Stressé Aucun

2 - est ce que vous souffrez d'une maladie ?

oui Non

3-Si oui citez votre maladie

C-PRATIQUE SPORTIVE

1-Depuis quand pratiquez-vous la musculation ?

.....

2-Quel est l'objectif de votre pratique ?(Dans quel but ?)

Perte de poids Entretien physique

Prise de masse musculaire Esthétique

3 Combien faites-vous d'entraînements en moyenne par semaine ?

1 2 3 et plus

4- Combien d'heures d'entraînements par séance ?

.....

D-ALIMENTATION ET COMPLEMENT ALIMENTAIRE

1-Avez-vous suivi un régime alimentaire depuis que vous pratiquez le sport ou la musculation ?

Oui Non

2-Utilisez-vous des compléments alimentaires ?

Oui Non

3-Si oui quels sont ce compléments alimentaires ?.....

4-Pour quelle raison consommez-vous des compléments alimentaires ?

Prise de masse La sèche Booster l'énergie Autres

5- Connaissez-vous les bruleurs de graisse ou fat burners ?

Oui Non

6-Est-ce que vous consommez un bruleur de graisse ou fat burner?

Oui Non

7-Si oui pourquoi vous le prenez ?.....

8-Quand prenez-vous ce complément ?

Avant l'entraînement Après l'entraînement

9-Quelle est la marque de ce complément ?

L-carnitine Lipo 6 CLA+ L Carnitine
 Burner CLA Autres

10-Quelle est la quantité de votre consommation de ce complément ?

.....

11-Pourquoi avez-vous choisi cette marque ?

.....

12-D'où achetez-vous cette marque ?

- Magasin spécialisé Sur internet Salle de sport
- Pharmacie

13-A quelle fréquence prenez-vous cette marque ?

- De 1 à 3 fois par jour De 2 à 3 fois par semaine
- rarement

14-Depuis quand prenez-vous ce complément ?

.....

15- Au bout de combien de temps avez-vous constaté un résultat ?

.....


16-Avez-vous constaté des effets indésirables de cette marque ?

- Oui
- Non

17- Si oui Quels sont les effets indésirables constatés ?

.....

ANNEXE 02➤ **Echantillon 01 : L-carnitine**


Laboratoire Horizon
Laboratoire d'analyses des sols & des eaux
 204 logements BL 11 N120 CNEP Bicha Youcef,
 Route pont blanc Annaba 23000
 Tél. : 038 42 77 38. Mobil : 0662 44 24 76 / 0662 17 28 82
 Fax : 038 42 77 38.
 E-Mail : labohorizon@yahoo.fr

Autorisation N° : 1811/06 IMM.F : 29712301126933 N.L : 23019113237 N°RIB : Agence BNA. Annaba : 00100811020003917243

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Demandeur: Pr. ALAYAT AMAL

NATURE DES ECHANTILLONS :
 01 ECHANTILLONS EXTRACTION LIQUIDE.

Date de réception : 01/05/2023.

Echantillons	Echantillon Liquide	Méthodes
Arsenic (AS) mg/l	0.075	Méthode argent Diethyldithiocarbamate
Plomb (Pb) mg/l	0.079	Méthode à la Dithizone.
Cadmium (Cd) mg/l	0.468	Méthode à la Dithizone.

Bulletin établi à Annaba le: 02/05/2023

وحدة مخبر التجاليل عنابة
 رقم الهاتف / فاكس : 038.55.77.38

1

➤ Echantillon 02 : CLA



LABORATOIRE HORIZON
Analyse du Sol et des Eaux

Laboratoire Horizon
Laboratoire d'analyses des sols & des eaux
204 logements BL 11 N120 CNEP Bicha Youcef,
Route pont blanc Annaba 23000
Tél. : 038 42 77 38. Mobil : 0662 44 24 76 / 0662 17 28 82
Fax : 038 42 77 38.
E-Mail : labohorizon@yahoo.fr

Autorisation N° : 1811/06 **IMM.F** : 29712301126933 **N.L** : 23019113237 **N°RIB** : Agence BNA. Annaba : 00100811020003917243

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE

Demandeur: Pr. ALAYAT AMAL

NATURE DES ECHANTILLONS :
01 ECHANTILLON HUILE.

Date de réception : 07/06/2023.

Echantillons	Echantillon Huile	Méthodes
Arsenic (AS) mg/l	0.066	Méthode argent Diethyldithiocarbamate
Plomb (Pb) mg/l	0.92	Méthode à la Dithizone.
Cadmium (Cd) mg/l	0.22	Méthode à la Dithizone.

Bulletin établi à Annaba le: 08/06/2023

وحدة مختبر التجاليل عنابة
رقم الهاتف / الفاكس : 038.55.77.38

ANNEXE 03

THE PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
UNIVERSITY OF BADJI MOKHTAR - ANNABA
HEALTH & ENVIRONMENT LABORATORY

UNIVERSITY HOSPITAL
TOXICOLOGY DEPARTMENT

CERTIFICATE

OF POSTED COMMUNICATION

The president of the Seminar certifies that :

MRS. AMAROUCHE Lamia

Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences,
Chadli Bendjedid University, El Tarf

Presented the poster n° 40:

**"Risks and potential toxicity related to the consumption
of protein and fat burning food supplements by athletes"**

Co-authors : ALAYAT A., BOUMEDRIS Z.

The president



الأستاذ الدكتور
رشيد جعفر



Under The Theme Of

**DOPING
SUBSTANCES**
Risks & Prevention

Faculty of Medicine . Annaba
National Sports Center TEKIDA
Unit of SERAIDI . Annaba
May 24,25 & 26 2023

