



**République algérienne démocratique et
populaire**



**Université Abdelhamid Ibn Badis
Mostaganem**



**Comité national de coordination du suivi de
l'innovation et des incubateurs d'entreprises
universitaires**

Thème

**Production d'un complément
alimentaire thérapeutique contre
le cholestérol à partir d'une
plante médicinale**

**Obtention du certificat d'entreprise innovante dans le
cadre de l'arrête ministériel n°1275**

Equipe d'encadrement :

Équipe d'encadrement	
Spécialité : Docteur en sciences	Encadrante principale : Dr N. Messaoudi
Spécialité : Docteur en sciences	Co-encadrant : Pr M. Belalia
Spécialité : Docteur en sciences	Deuxième encadrante : Dr K.A.Belhadji

2-Equipe de travail :

Faculté	Spécialité	Équipe de projet
Sciences exacts et informatique	Chimie appliqué	Étudiant : BOUROGAA Amdjed

Remercîments

Nous tenons avant tout, à remercier ALLAH le miséricordieux, le tout puissant, car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aura pu être possible.

Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à

Dr N. Messaoudi, mon encadrante, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils précieux et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes sincères remerciements vont également à Pr M. Belalia ainsi qu'à ma deuxième encadrante Dr K.A. Belhadji, pour leurs suivi attentif, leurs orientations pertinentes et leurs soutiens constant, qui ont grandement contribué à la réussite de ce travail.

Je souhaite également remercier l'ensemble de mes professeurs du département pour la qualité de leurs enseignement, leurs dévouement et les connaissances qu'ils m'ont transmises au fil de mon parcours universitaire

Dédicace

Je tiens à adresser mes remerciements les plus profonds à mes parents, pour tout l'amour, les sacrifices et le soutien qu'ils m'ont offerts depuis le début de mes études. Leur confiance, leurs encouragements constants et leurs prières m'ont donné la force et la motivation nécessaires pour surmonter chaque difficulté. Ce mémoire est autant le fruit de leurs efforts et de leur patience que du mien. Rien n'aurait été possible sans leur présence et leur soutien inconditionnel.

Enfin, je remercie chaleureusement mes amis Yazid, Chihab, et Oussama pour leur amitié sincère, leur aide précieuse et les moments de partage et de bonne humeur qui ont rendu cette période plus agréable et plus enrichissante.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	3
DÉDICACE.....	4
TABLE DES MATIÈRES.....	5
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	9
RÉSUMÉ.....	10
ABSTRACT	10
INTRODUCTION	11
CHAPITRE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.....	12
1-L'ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE	12
1.1- <i>DEVERRA SCOPARIA</i> (Coss. & Dur.) :	12
1.2-La famille des apiacea :.....	13
1.3-Description botanique :.....	13
1.4-Origine et étymologie :.....	14
1.5-Répartition géographique :	14
1.6-Fiche écologique de <i>Deverra scoparia</i> (Coss. & Dur.).....	15
1.7-Usages traditionnels et applications thérapeutiques	16
2- ETUDE DE LA PLANTE.....	17
2.1-Analyse physico chimique.....	17
2.1.1-Teneur de la matière sèche et humidité :.....	17
2.1.2Teneur en matière grasse.....	18
2.1.3Dosage des Protéines	18
2.1.4-Détermination du pH.....	19
2.2-La phytochimie.....	19
2.2.1-les tanins	19
2.2.2les flavonoïdes.....	20
2.2.3-Les quinones libres	20
2.2.4-les stéroïdes.....	21
2.2.5-Les saponosides :	21
2.3-Extraction des huiles essentielles	21
2.4-Analyse chromatographique	22
2.5-activités microbiologique	23
2.5.1-Évolution de l'activité antioxydante.....	23
2.5.2Évaluation de l'activité antibactérienne.....	24
2.5.3-Évaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	25
3. APPLICATION : COMPLÉMENT ALIMENTAIRE POUR LE CHOLESTÉROL.....	26
3.1. Définition et Structure Biochimique du cholestérol.....	26
3.2. Rôles Physiologiques Fondamentaux.....	27
3.3. Transport et Métabolisme : les Lipoprotéines.....	27
3.4. Déséquilibres Lipidiques et Implications Pathologiques.....	27
3.5. Panorama des Méthodes Thérapeutiques : des Traditions aux Tendances Actuelles.....	28
4-COMPLÉMENT ALIMENTAIRE À BASE D'UNE PLANTE MÉDICINALE.....	28
4.1-Complément alimentaire à base de plante médicinale :.....	29
5-FORMULATION DE COMPLÉMENT ALIMENTAIRE.....	30
5.1-Concept général de la norme ISO 22000 :	30

5.2- Fabrication d'un complément alimentaire :	30
5.3- Approche HACCP dans le contrôle de qualité des compléments alimentaires :	31
CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	34
1-MATÉRIEL VÉGÉTAL	34
1-1-Préparation du matériel végétal.....	34
2-ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE.....	35
2-1-Teneur de la matière sèche et humidité :.....	35
2-2-Teneur en matière grasse	37
2-3-Dosage des Protéines.....	38
2-4- Détermination du pH.....	40
3-LES TESTS PHYTO-CHIMIQUES	41
3-1-Identification des tanins	41
3-2-Identification des flavonoïdes	41
3-3-Identification des quinones libres	41
3-4-Identification des stéroïdes.....	42
3-5-Identification des saponosides.....	42
4-EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES	43
5-ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUE.....	45
6-ACTIVITÉS MICROBIOLOGIQUES	48
6-1- Évolution de l'activité antioxydante.....	48
6-2- Évaluation de l'activité antibactérienne	50
6-3- Évaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	53
7- LA FORMULATION DU COMPLÉMENT ALIMENTAIRE.....	56
Choix de la forme galénique	56
Composition qualitative et quantitative	56
Procédé de fabrication	57
CHAPITRE III : ASPECT ÉCONOMIQUE ET COMMERCIAL.....	59
1-ETUDES COMMERCIALES.....	59
1.1- L'idée du projet :	59
1.2-Valeurs Proposées :	59
1.3- Objectifs du Projet :	60
1.4-Calendrier du Projet :	60
2-ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ :	62
2.1- Présentation du secteur marché :	62
2.2- Mesure de l'intensité concurrentielle :	62
2.2.1- Concurrents directs :	62
2.2.2- Concurrents indirects :	63
2.3- Partenariats principaux :	63
2.4-Méthodes et sources de financement :	63
3- LE PROTO TYPE.....	64
3.1-Le logo	64
3.2-Emballage et étiquetage :.....	65
3.3- le site web.....	66
4- LE BUSINESS PLAN.....	68
5- BUSINESS MODEL CANVAS (BMC).....	73
CONCLUSION.....	76
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	77
ANNEX	82

Liste des figures

Figure 1 : Echantillon de la plante « deverra scoparia »	P12
Figure 2 : Les fleurs de la plante « deverra scoparia »	P12
Figure 3 : Appareil de Clevenger	P23
Figure 4 : Structure chimique de cholestérol.	P26
Figure 5 : Localisation de la commune Bir El Ater dans la wilaya de Tebessa.	P34
Figure 6 : Étape de séchage du matériel végétal.	P35
Figure 7 : Moulin électrique	P35
Figure 8 : l'échantillon dans l'étuve	P36
Figure 9 : Cartouche de soxhlet	P37
Figure 10 : Montage de soxhlet	P37
Figure 11 : Broyage d'échantillon de la plante Avec l'eau physiologique	P39
Figure 12 : Ajout du BSA aux échantillons	P39
Figure 13 : La courbe d'étalonnage de L'absorbance en fonction de la concentration de BSA	P39
Figure 14 : 1 ère essay de détermination du pH	P40
Figure 15 : 2 ème essay de détermination du pH	P40
Figure 16 : Montage de Clevenger	P43
Figure 17 : Le chromatogramme	P45
Figure 18 : Réaction du composé azoïque nitrophénylpyrazoline	P49
Figure 19 : les échantillons de dégradation des concentrations de l'huile activité antioxydante	P50
Figure 20 : Pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations	P50
Figure 21 : Zone d'inhibition avec <i>Bacillus subtilus</i>	P53
Figure 22 : Zone d'inhibition avec <i>E.coli</i>	P53
Figure 23 : Courbe de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration activité anti-inflammatoire.	P56
Figure 24 : Le logo	P66
Figure 25 : Le prototype de produit	P66
Figure 26 : la cartouche cratonique externe	P67
Figure 27 : l'interface de la boîte	P67
Figure 28 : La page d'accueil de site	P68
Figure 29 : la page professionnelle de site web	P69
Figure 30 : Les synthèses	P73
Figure 31: Business Model Canvas (BMC)	P86

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche écologique de <i>Deverra scoparia</i> (Coss. & Dur.)	P15-16
Tableau 2 : Résultats des tests phyto-chimiques	P42
Tableau 3 : La composition totale de l'échantillon (CG-SM)	P46-47
Tableau 4 : La dégradation des concentrations de l'huile avec les données (l'absorbance, le pourcentage d'inhibition) activité antioxydante	P50
Tableau 5 : Résultats valeur IC50 activité antioxydante	P51
Tableau 6 : Résultats de l'antibiogramme traduit par les zones d'inhibition en mm	P54
Tableau 7 : La Concentrations, L'Absorbance, et le pourcentage % d'Inhibition des échantillons	P56
Tableau 8 : La concentration inhibitrice médiane (IC50) d'huile activité anti-inflammatoire.	P57
Tableau 9 : Composition du complément alimentaire	P59
Tableau 10 : Calendrier de la réalisation de Projet	P61-62
Tableau 11 : Investissement	P70
Tableau 12 : La masse salariale des employeurs	P70
Tableau 13 : Les achats directs	P71
Tableau 14 : Charges externes	P71
Tableau 15 : Chiffre d'affaires	P71
Tableau 16 : Tableau du budget	P72
Tableau 17 : Tableau de calcul des résultats	P72
Tableau 18 : Synthèse	P72
Tableau 19 : Évolution du Chiffre d'Affaires et de l'EBITDA	P73
Tableau 20 : Indicateurs Clés de Performance Financière	P74

Liste des abréviations

ABS : Absorbance

°C : Degré Celsius

mg : Milligramme

min : Minute

ml : Millilitre

mm : Millimètre

µg : Microgramme

µL : Microlitre

µm : Micromètre

nm : Nanomètre

BSA : Albumine Sérique Bovine (*Bovine Serum Albumin*)

BHT : Butylhydroxytoluène

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

PBS : Tampon Phosphate Salin (*Phosphate Buffered Saline*)

pH: Potentiel Hydrogène

UV : Ultraviolet

CG/SM (GC-MS) : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

CI50 (IC50) : Concentration Inhibitrice 50

IR : Indice de Rétention

TR : Temps de Rétention

AINS : Anti-Inflammatoires Non Stéroïdiens

HDL : Lipoprotéines de Haute Densité ("Bon cholestérol")

HMG-CoA : 3-hydroxy-3-méthylglutaryl-coenzyme A

LDL : Lipoprotéines de Basse Densité ("Mauvais cholestérol")

MCV : Maladies Cardiovasculaires

MH : Mueller Hinton (milieu de culture)

BPF / GMP : Bonnes Pratiques de Fabrication / *Good Manufacturing Practices*

EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments

HE : Huile Essentielle

HACCP : Analyse des Dangers et Points Critiques pour leur Maîtrise

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

NF : Norme Française

PCC : Point Critique de Contrôle

SMSDA : Système de Management de la Sécurité des Denrées Alimentaires

Résumé

Cette recherche représente une étape intégrée vers le développement d'un complément alimentaire naturel à base de la plante *Deverra scoparia* pour faire face au problème de l'hypercholestérolémie, alliant des bases scientifiques solides et une rentabilité économique prometteuse. Les analyses en laboratoire ont montré des résultats exceptionnels pour *Deverra scoparia*, avec un taux de matière sèche de 77 % et une teneur en lipides de 4 %, en plus d'une teneur en protéines de 375 µg/g et d'un pH de 5,93. L'extraction par Clevenger a donné un rendement de 5% en huile essentielle, L'analyse chromatographique a révélé 118 composés actifs, dont les plus importants étaient le limonène , l'alpha-pinène et le terpinéol. Les analyses phytochimiques ont montré la présence de tanins catéchiques, de flavonoïdes et de stéroïdes, avec l'absence de tanins galliques, de quinones libres et de saponines, reflétant une diversité chimique prometteuse pour l'activité biologique. Les tests biologiques ont confirmé l'efficacité de la plante en tant qu'antioxydant (IC₅₀ = µg/ml) et antibactérien, avec une zone d'inhibition importante contre *Escherichia coli* et 13 mm contre *Bacillus subtilis*, en plus d'une activité anti-inflammatoire (IC₅₀ = 6 µg/ml). Sur le plan commercial, le produit cible un marché de plus de 50 millions d'utilisateurs potentiels dans la région, avec une croissance annuelle attendue de 12 % sur le marché des compléments naturels, et devrait atteindre une part de marché de 5 à 7 % au cours des trois premières années. L'avantage concurrentiel du produit réside dans sa formulation 100 % naturelle, son efficacité scientifiquement prouvée, son prix compétitif par rapport aux compléments importés et sa compatibilité totale avec la culture locale et les traditions médicales arabes. Le projet se distingue également par sa haute faisabilité opérationnelle en raison des faibles coûts de production grâce à la disponibilité locale des matières premières, de la possibilité de fabrication selon les normes de qualité mondiales (ISO 22000, HACCP) et d'une grande flexibilité d'expansion et de production.

Abstract

This research represents an integrated step towards developing a natural dietary supplement from the *Deverra scoparia* plant to address the problem of high cholesterol, combining solid scientific foundations with promising economic feasibility. Laboratory analyses showed exceptional results for *Deverra scoparia*, with a dry matter rate of 77% and lipid content of 4%, in addition to a protein content of 375 µg/g and a pH of 5.93. The extraction using the Clevenger apparatus yielded a 5% essential oil, Chromatographic analysis revealed 118 active compounds, the most important of which were limonene , and terpineol (.Phytochemical analyses revealed the presence of catechin tannins, flavonoids, and steroids, along with the absence of gallic tannins, free quinones, and saponins, highlighting a promising chemical diversity for biological activity. Biological tests confirmed the plant's effectiveness as an antioxidant (IC₅₀ = µg/ml) and antibacterial, with an inhibition zone of 22 mm against *Escherichia coli* and 13 mm against *Bacillus subtilis*, in addition to anti-inflammatory activity (IC₅₀ = 6 µg/ml). In terms of marketing, the product targets a market of over 50 million potential users in the region, with an expected annual growth of 12% in the natural supplements market, and is expected to achieve a market share of 5-7% during the first three years. The product's competitive advantage lies in its 100% natural formulation, scientifically proven effectiveness, competitive price compared to imported supplements, and full compatibility with local culture and Arab medical traditions. The project also features high operational feasibility due to low production costs thanks to the local availability of raw materials, the possibility of manufacturing according to global quality standards (ISO 22000, HACCP), and high flexibility in expansion and production.

Introduction

Nous sommes ravis de présenter dans ce travail de recherche une étude complète et multidimensionnelle sur la plante *Deverra scoparia* et ses potentialités prometteuses dans le domaine des compléments alimentaires naturels. Cette recherche sera divisée en trois chapitres principaux, chacun conçu pour mettre en lumière un aspect central de ce projet scientifique et économique.

Dans le premier chapitre, nous commencerons par un voyage exploratoire dans le monde riche de cette plante à travers une recherche bibliographique approfondie. Nous étudierons les caractéristiques botaniques et écologiques de *Deverra scoparia* et retracerons ses racines dans la médecine traditionnelle.

Le deuxième chapitre se concentrera sur l'aspect appliqué où nous effectuerons des analyses de laboratoire complètes incluant des analyses chimico-physiques (détermination du taux de matière sèche et d'humidité, mesure de la teneur en lipides, dosage des protéines totales, mesure du pH), et des analyses phytochimiques (tests qualitatifs pour détecter les composés phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les stéroïdes et les saponines, ainsi que des analyses quantitatives pour doser les phénols et flavonoïdes totaux). Nous procéderons également à l'extraction de l'huile essentielle en utilisant l'appareil de Clevenger et à son analyse par des techniques chromatographiques et spectroscopiques, et évaluerons l'efficacité biologique par l'étude de l'activité antioxydante en utilisant le test DPPH, l'examen antimicrobien contre des souches bactériennes sélectionnées, et l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire.

Dans le troisième chapitre, nous passerons à l'étude du marché des compléments alimentaires où nous mènerons une étude stratégique intégrée incluant l'analyse des opportunités et des défis, la détermination de l'avantage concurrentiel, et l'établissement de plans marketing et économiques qui garantiront le succès de ce produit sur le marché.

À travers cette intégration entre la recherche scientifique et l'analyse économique, nous aspirons à présenter une vision complète alliant l'authenticité scientifique et la faisabilité pratique.

Chapitre I : partie bibliographique

1-L'enquête ethnobotanique

Nous avons entamé cette recherche afin d'étudier les savoirs traditionnels liés à la plante. Ainsi, nous nous sommes appuyés dans cette phase sur l'examen des données disponibles dans la littérature [1-8], dans le but de construire un cadre théorique, nous permettant de comprendre les différents aspects des utilisations de cette plante.

1.1-*DEVERRA SCOPARIA* (Coss. & Dur.) :

Deverra scoparia est une espèce vivace de la famille des Apiaceae (**Figure 1**), localement répandue dans les zones arides et semi-arides du Maghreb, en particulier en Algérie, en Tunisie et au Maroc [1]. Elle présente une morphologie adaptée à ces milieux difficiles : port buissonnant, tiges fines très ramifiées, feuilles très réduites, et inflorescences en ombelles de petites fleurs jaunâtres (**Figure 2**), typiques de la famille [2].



Figure 1 : Echantillon de la plante « *deverra scoparia* »

Figure 2 : Les fleurs de la plante « *deverra scoparia* »

Sur le plan biochimique, elle est connue pour produire une variété de métabolites secondaires tels que les huiles essentielles, les flavonoïdes, les polyphénols, les coumarines et certains alcaloïdes, qui lui confèrent des activités biologiques intéressantes comme des propriétés antioxydantes, Antibactériennes et anti-inflammatoires [3,4].

1.2-La famille des apiacea :

La famille des Apiaceae, également connue sous son ancien nom Umbelliferae, regroupe un large ensemble de plantes dicotylédones appartenant à l'ordre des Apiales. Cette famille est principalement caractérisée par des inflorescences en ombelles, souvent composées, et par des fruits schizocarpes qui se divisent en deux méricarpes à maturité. Les Apiaceae comptent environ 450 genres et plus de 3 700 espèces réparties dans le monde, avec une prédominance dans les zones tempérées de l'hémisphère nord [5].

Sur le plan morphologique, les plantes de cette famille sont en majorité herbacées, parfois aromatiques, avec des tiges souvent creuses, des feuilles alternes, très découpées, et des gaines foliaires bien développées. Les fleurs, généralement petites, à symétrie radiale, sont souvent hermaphrodites, pentamères, et regroupées en ombelles caractéristiques.

Cette famille est particulièrement riche en métabolites secondaires, notamment en huiles essentielles, coumarines, flavonoïdes et polyacétylènes, qui expliquent ses nombreuses applications médicinales, culinaires et industrielles [2].

1.3-Description botanique :

Deverra scoparia (Coss. & Dur.) est une plante herbacée vivace, appartenant à la famille des Apiaceae, caractérisée par son port buissonnant, très ramifié, pouvant atteindre 50 à 100 cm de hauteur. Les tiges sont nombreuses, fines, cylindriques, striées longitudinalement, de couleur vert clair à glauque, souvent glabres. Les feuilles, très réduites, sont alternes, profondément divisées en segments filiformes, rapidement caduques, ce qui donne à la plante un aspect dénudé, surtout en période sèche [2].

Les inflorescences sont des ombelles composées sans involucre, comportant de nombreuses petites fleurs jaune pâle à blanchâtres, actinomorphes et hermaphrodites. La floraison a lieu généralement de mars à juin, selon les conditions climatiques locales [6].

Les fruits sont des schizocarpes typiques des Apiaceae, ovales à oblongs, légèrement comprimés latéralement, se divisant en deux méricarpes à Maturité Le système racinaire est bien développé, avec une racine principale pivotante qui permet à la plante de résister à la sécheresse et de s'ancrer dans des sols pauvres et pierreux [1].

1.4-Origine et étymologie :

Le genre *Deverra* appartient à la famille des Apiaceae et comprend plusieurs espèces aromatiques et médicinales, réparties principalement en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. L'étymologie du nom *Deverra* provient du latin, désignant une divinité mineure romaine liée à la purification des lieux sacrés avec un balai (scopa), ce qui reflète la forme buissonnante et ramifiée de la plante [6]. Le terme spécifique *scoparia*, dérivé du mot latin *scopa* signifiant « balai », renforce cette analogie en décrivant la morphologie en faisceaux de la plante, qui évoque visuellement un balai traditionnel [2].

Sa répartition écologique et son adaptation aux milieux pauvres lui confèrent une importance écologique et ethnobotanique notable, en particulier dans les pharmacopées traditionnelles nord-africaines[1].

1.5-Répartition géographique :

Deverra scoparia est une espèce typiquement xérophile, largement répandue dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen, en particulier dans le nord de l'Afrique. Elle est naturellement présente en Algérie, au Maroc, en Tunisie, en Libye, ainsi que dans certaines zones du Proche-Orient [1]. Cette plante colonise généralement des habitats ouverts et secs, tels que les steppes pierreuses, les sols sableux, les pentes rocailleuses et les zones présahariennes, où elle participe à la couverture végétale des milieux dégradés [6].

En Algérie, *Deverra scoparia* est recensée dans plusieurs wilayas du sud-est et de l'est du pays, notamment à Tébessa, Ouargla, El Oued, Biskra, Batna, Ghardaïa,

Tamanrasset et Illizi, où elle s'installe sur des sols pauvres, souvent salins ou sablonneux. Elle y joue un rôle écologique important dans la stabilisation des sols et la résilience des écosystèmes sahariens. Grâce à sa capacité à résister au stress hydrique, elle est également considérée comme un bioindicateur des zones sèches et un élément clé de la flore saharienne et présaharienne [7].

1.6-Fiche écologique de *Deverra scoparia* (Coss. & Dur.)

le tableau suivant présente la Fiche écologique de *Deverra scoparia* (Coss. & Dur.) Cette synthèse permet de visualiser rapidement les facteurs abiotiques et biotiques qui régissent sa distribution et son adaptation remarquable à la sécheresse, tout en soulignant son intérêt ethnobotanique et son rôle écologique clé [1-8].

Tableau 1 : Fiche écologique de *Deverra scoparia* (Coss. & Dur.) [1-8].

critère	Description
Nom scientifique	<i>Deverra scoparia</i> (Coss. & Dur.)
Famille botanique	Apiaceae (anciennement Umbelliferae)
Nom vernaculaire	« El geuzzah » (Algérie), parfois appelé fenouil sauvage saharien
Type biologique	Chaméphyte vivace buissonnante
Phénologie	Floraison printanière (mars à juin), fructification en été
Distribution Géographique	Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye), zones sahariennes et présahariennes
Altitude	De 200 à 1 200 m selon les régions (notamment dans les Hautes Plaines et le Sahara septentrional)
Climat	Aride à semi-aride : faibles précipitations (< 300 mm/an), fortes températures, longues sécheresses

Sol préféré	Sablonneux à limono-sableux, pauvres en matière organique, parfois salins ou légèrement alcalins
Type d'habitat	Steppes désertiques, regs, sebkhas périphériques, pentes rocailleuses, zones ouvertes
Régions algériennes	Tébessa, Ouargla, El Oued, Biskra, Batna, Ghardaïa, Tamanrasset, Illizi, Djelfa, Laghouat
Rôle écologique	Fixation des sols, résistance à l'érosion, pionnière dans les milieux dégradés
Utilisations traditionnelles	Traitement des troubles digestifs, cardiovasculaires et respiratoires ; usage en phytothérapie locale
Menaces	Faible ; espèce résistante, mais sensible à la surexploitation et à la dégradation des habitats

1.7-Usages traditionnels et applications thérapeutiques

Deverra scoparia est depuis longtemps utilisée dans la médecine traditionnelle nord-africaine, notamment en Algérie, Tunisie et Maroc, où elle entre dans les préparations populaires pour traiter diverses affections. Les populations locales l'emploient sous forme de décoctions ou d'infusions à visée digestive (contre les ballonnements, coliques, troubles intestinaux), mais aussi pour ses effets expectorants et antispasmodiques [2].

Des usages traditionnels la recommandent également pour soulager les rhumatismes, les maux de tête, ou encore les troubles menstruels, souvent par voie orale ou en application locale [7].

Avec l'évolution des recherches scientifiques, *Deverra scoparia* fait l'objet d'un intérêt croissant en pharmacologie moderne. Plusieurs études ont mis en évidence la richesse de ses huiles essentielles en composés bioactifs tels que le carvacrol, le limonène, le β -myrcène et les flavonoïdes, qui lui confèrent des propriétés

antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires et hypolipémiants [4,3]. Ces résultats ont ouvert la voie à son potentiel en phytothérapie pour lutter contre des maladies chroniques telles que l'hypercholestérolémie, l'hypertension, ou encore les affections métaboliques.

2- Etude de la plante

Dans le cadre de notre étude nous réaliserons des analyses physico-chimiques, biologiques et chromatographiques afin d'identifier la composition de notre plante et d'évaluer ses propriétés.

2.1-Analyse physico chimique

Pour caractériser la qualité et la stabilité de l'huile essentielle, une série d'analyses physico-chimiques a été réalisée.

2.1.1-Teneur de la matière sèche et humidité :

La détermination de la matière sèche par dessiccation à l'étuve, une méthode gravimétrique de référence, consiste à éliminer l'eau des échantillons végétaux (feuilles, graines) en les maintenant à une température constante de 80 °C pendant 48 heures [9]

Le choix de cette température modérée permet d'éviter la décomposition thermique et la caramélisation des composés tout en assurant l'évaporation complète de l'eau libre [10]. La durée prolongée de 48 heures [11] pour les graines, garantit que la masse de l'échantillon atteint un équilibre, même pour les tissus les plus denses [12]

2.1.2 Teneur en matière grasse

La méthode Soxhlet, décrite initialement par Franz von Soxhlet en 1879, représente une technique d'extraction conventionnelle et standardisée pour la détermination des lipides totaux dans les matrices biologiques et alimentaires. Son principe fondamental repose sur l'entraînement continu des composés lipidiques par un solvant organique non miscible à l'eau, suivant un cycle répétitif de dissolution, de siphonnage et de concentration [13].

Les paramètres d'extraction - notamment la durée (généralement 6 à 8 heures), la température et la nature du solvant - sont optimisés pour assurer une extraction quantitative tout en minimisant la dégradation des lipides. La purification finale par évaporation du solvant, suivie d'une dessiccation à l'étuve (typiquement à 105°C pendant 30 minutes permet d'éliminer les résidus de solvant et l'humidité résiduelle.

Le dosage gravimétrique final, basé sur la différence de masse du ballon, fournit une mesure précise de la teneur en matières grasses brutes [14].

2.1.3 Dosage des Protéines

Le dosage des protéines selon la méthode de Lowry est une technique colorimétrique sensible reposant sur deux réactions séquentielles. La première étape, impliquant le réactif de Biuret modifié (composé de tartrate de sodium-potassium, de sulfate de cuivre en milieu alcalin), provoque la chélation des ions cuivre Cu^{2+} par les groupements peptidiques, formant un complexe violet. La seconde étape, catalysée par ce complexe cuivre-protéines, consiste en la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu (un mélange de phosphomolybdique et phosphotungstique) par les résidus tyrosine, tryptophane et cystéine des protéines, produisant un chromophore bleu dont l'intensité, mesurée à 750 nm, est proportionnelle à la concentration protéique [15,16].

La quantification est réalisée par interpolation sur une courbe d'étalonnage établie avec l'albumine sérique bovine (BSA), une protéine de référence standard [17].

2.1.4-Détermination du pH

La détermination du pH est une mesure fondamentale qui reflète la concentration en ions hydrogène (H^+) dans une solution, définie par l'équation $pH = -\log[H^+]$, et constitue un paramètre critique pour évaluer l'acidité ou l'alcalinité d'un extrait végétal. la mesure s'effectue par potentiométrie à l'aide d'un pH-mètre électronique équipé d'une électrode combinée [18].

Le principe repose sur la mesure de la force électromotrice générée entre l'électrode de mesure et l'électrode de référence, proportionnelle à l'activité ionique hydrogène selon l'équation de Nernst. L'extraction aqueuse préalable (1-2 g dans 10-20 ml d'eau distillée) sous agitation permet de libérer les composés ionisables des tissus végétaux, tandis que l'étalonnage rigoureux avec des tampons standards (pH 4, 7 et 10) garantit l'exactitude métrologique. La température contrôlée (20-25°C) est essentielle pour éviter les dérives de mesure liées aux coefficients de température des solutions tampons et de l'électrode.

2.2-La phytochimie

Une discipline scientifique à l'interface de la botanique, de la biochimie et de la pharmacologie, se définit comme l'étude approfondie des métabolites secondaires produits par les végétaux. L'analyse de ces composés repose sur des protocoles standardisés, tels que ceux décrits par les normes AFNOR et Bruneton qui garantissent la reproductibilité et la fiabilité des résultats, notamment pour l'évaluation de la qualité des matières premières végétales [19,20].

2.2.1-les tanins

D'un point de vue phytochimique, les tanins représentent une classe fonctionnelle de métabolites secondaires caractérisés par leur affinité prononcée pour les macromolécules, notamment les protéines et les polysaccharides. Leur analyse s'appuie sur des méthodes standardisées [21] garantissant la fiabilité des dosages et la reproductibilité des résultats.

Sur le plan structural, la classification distingue fondamentalement les tanins hydrolysables, sensibles aux conditions alcalines ou enzymatiques, des tanins condensés, plus résistants et constitués de polymères flavoniques. Leur réactivité chimique sous-tend des applications industrielles variées : dans le secteur œnologique, ils contribuent à la stabilisation colloïdale des vins, tandis que leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes [22] sont exploitées en cosmétique et en pharmacie.

D'un point de vue écologique, leur rôle défensif est bien établi [23]. Ainsi, la maîtrise de leur extraction et de leur caractérisation ouvre des perspectives prometteuses pour la valorisation des biomasses végétales dans une approche d'économie durable.

2.2.2-les flavonoïdes

Sur le plan structural, les flavonoïdes forment une vaste famille de composés phénoliques caractérisés par leur squelette de base C6-C3-C6, comprenant deux cycles aromatiques reliés par une chaîne de trois carbones.

La classification distingue plusieurs sous-classes majeures - flavanols, flavones, flavanones, isoflavones et anthocyanes - en fonction des modifications structurales de l'hétérocycle central [24]. Leur rôle physiologique chez les plantes est multiple, incluant la protection contre les stress UV, l'attraction des pollinisateurs et la défense contre les pathogènes.

Sur le plan applicatif, leurs propriétés antioxydantes, sont largement exploitées dans les domaines de la nutraceutique et de la cosmétique [25].

2.2.3-Les quinones libres

Les quinones libres constituent une classe spécifique de métabolites secondaires aromatiques, caractérisée par un système dicétonique conjugué qui leur confère une réactivité redox unique. Leur analyse qualitative et quantitative s'appuie sur des protocoles standardisés, incluant des méthodes chromatographiques et spectrophotométriques rigoureuses [21].

Ces composés présentent un intérêt majeur en pharmacologie pour leur capacité à interférer avec les processus oxydatifs cellulaires, ouvrant des perspectives

prometteuses pour le développement de nouveaux agents thérapeutiques. La maîtrise de leur stabilité et de leur potentiel d'oxydoréduction représente un enjeu fondamental pour leur valorisation en santé humaine [26].

2.2.4-les stéroïdes

D'un point de vue structural, les stéroïdes représentent une classe majeure de métabolites secondaires caractérisés par un noyau cyclopentanophénanthrénique spécifique, leur conférant une grande diversité de fonctions biologiques. Leur analyse s'appuie sur des méthodes chromatographiques et spectrométriques avancées, notamment la CL-SM, permettant une identification et un dosage précis [21].

Ces composés présentent un intérêt thérapeutique croissant pour leur capacité à interagir avec des récepteurs cellulaires spécifiques, ouvrant des perspectives prometteuses pour le développement de nouveaux agents pharmacologiques [27].

2.2.5-Les saponosides :

Les saponosides constituent une classe distinctive de métabolites secondaires reconnus pour leurs propriétés tensioactives, résultant de la combinaison d'un aglycone stéroïdique ou triterpénique avec des résidus osidiques hydrophiles. Leur caractérisation s'appuie sur des méthodes analytiques spécifiques, notamment la chromatographie et l'analyse spectrométrique [28].

2.3-Extraction des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle permet la réalisation des analyses physico-chimiques, chromatographiques et biologiques

Elle est réalisée par la méthode de Clevenger (**Figure 03**) une méthode standardisée et normée [29].

Ce procédé thermique repose sur le principe de l'entraînement des composés aromatiques volatils par la vapeur d'eau générée par ébullition., la vapeur d'eau traverse la masse végétale broyée, provoquant la rupture des structures sécrétrices (canaux, poches, poils glandulaires) et entraînant le mélange vapeur d'eau/huile essentielle vers un

réfrigérant où il se condense [30] Le distillat hétérogène est ensuite recueilli dans un appareil de type Clevenger, qui permet une séparation physique par différence de densité entre la phase aqueuse (hydrolat) et la phase organique lipophile (huile essentielle), [31] Une extraction de 3 heures a été jugée nécessaire pour assurer un rendement optimal, une durée souvent rapportée dans la littérature pour l'extraction de la majorité des composés volatils sans dégradation thermique significative [32]

Enfin, conformément aux bonnes pratiques de conservation, l'huile essentielle récupérée a été séchée sur du sulfate de sodium anhydre pour éliminer toute trace d'eau résiduelle, puis stockée à l'abri de la lumière dans un flacon ambré à température ambiante, afin de préserver son intégrité chimique et biochimique et de prévenir les phénomènes d'oxydation ou d'hydrolyse [33].



Figure 03 : Appareil de clevenger

2.4-Analyse chromatographique

Analyse des huiles essentielles par CG/SM

L'analyse qualitative et l'identification des constituants de l'huile essentielle ont été réalisées par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM), une méthode analytique puissante et incontournable pour la caractérisation des mélanges complexes volatils.

Cette technique hybride allie l'efficacité de séparation de la chromatographie gazeuse à la capacité d'identification structurale de la spectrométrie de masse, répondant

ainsi aux trois impératifs de l'analyse chimique : séparation, identification et quantification relative [34].

La séparation est assurée sur une colonne capillaire apolaire de type Rxi®-5ms, où les composés interagissent différemment avec la phase stationnaire, conduisant à leur élution à des temps de rétention spécifiques. Chaque composant séparé est ensuite fragmenté dans la source d'ionisation par impact électronique (70 eV), un mode standardisé qui génère des spectres de masse reproductibles. L'identification structurale est principalement effectuée en comparant les spectres de masse obtenus et les indices de rétention calculés avec ceux de composés de référence compilés dans des bibliothèques spectrales fiables, une approche systématique [35].

Les conditions opératoires employées, incluant un gradient de température optimisé et un débit d'hélium constant, visent à maximiser la résolution des pics chromatographiques. Enfin, la quantification relative est estimée par le pourcentage d'aire de chaque pic, fournissant une composition chimique détaillée de l'huile essentielle, essentielle pour évaluer sa qualité, son authenticité et ses potentielles activités biologiques.

2.5-activités microbiologique

Les propriétés biologiques de l'huile essentielle, notamment ses activités antioxydante, antibactérienne et anti-inflammatoire, ont été évaluées au moyen des tests in vitro spécifiques.

2.5.1-Évolution de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antiradicalaire des extraits a été conduite in vitro à l'aide du test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), une méthode spectrophotométrique rapide, sensible et couramment employée pour estimer le pouvoir antioxydant d'extraits naturels. Le principe de ce test, largement décrit dans la littérature, repose sur la capacité des composés antioxydants (donneurs d'hydrogène ou d'électrons) à réduire le radical libre stable DPPH•, reconnaissable à sa couleur violette intense [36].

Lors de cette réaction d'accepteur de proton, le radical DPPH• est neutralisé pour former le dérivé non radicalaire DPPH-H, ce qui se traduit par une décoloration proportionnelle, passant du violet au jaune pâle.

L'activité antiradicalaire est déterminée en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm après une période d'incubation. L'efficacité des extraits est ensuite quantifiée par le calcul de la concentration inhibitrice (CI50), définie comme la concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire de 50% la concentration initiale du radical DPPH•.[37].

Pour contextualiser les résultats, l'activité des extraits est systématiquement comparée à celle d'un antioxydant de synthèse de référence, permettant ainsi une évaluation relative de leur potentiel. Cette approche fournit une indication précieuse sur la capacité des métabolites secondaires des plantes à piéger les radicaux libres, un mécanisme clé dans la prévention du stress oxydatif [38].

2.5.2Évaluation de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle a été réalisée in vitro selon la méthode de diffusion en gélose par puits, une technique qualitative et quantitative largement utilisée pour déterminer la sensibilité des microorganismes [39].

Cette méthode repose sur la diffusion d'un agent antimicrobien, depuis un puits foré dans la gélose, vers le milieu environnant, créant un gradient de concentration. Après incubation, la présence d'une zone d'inhibition circulaire autour du puits, où la croissance bactérienne est empêchée, est une indication visuelle de l'activité antibactérienne. La taille de cette zone est corrélée à la sensibilité de la souche et à la concentration de l'agent actif [40].

Le protocole a été appliqué sur des souches de référence à Gram-positif (*Bacillus subtilis*) et à Gram-négatif (*Escherichia coli*), cette distinction étant cruciale étant donné la différence de structure de leur paroi cellulaire qui influence grandement la perméabilité aux agents antibactériens, [41] dans ses recherches sur les huiles essentielles.

Le milieu Mueller-Hinton a été sélectionné pour sa composition standardisée, favorisant une croissance bactérienne optimale et reproductible [42]

2.5.3-Évaluation de l'activité anti-inflammatoire

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire a été conduite en utilisant la méthode d'inhibition de la dénaturation thermique de l'albumine sérique bovine (BSA). Ce test biochimique in vitro est un modèle établi pour cribler le potentiel anti-arthritique et anti-inflammatoire de composés naturels. Son principe repose sur le fait que la dénaturation des protéines, un processus souvent irréversible induit par la chaleur, est un phénomène pathologique associé à des états inflammatoires et arthritiques, car elle peut conduire à la formation d'auto-antigènes qui déclenchent des réponses immunitaires indésirables [43].

Un agent anti-inflammatoire est ainsi capable de stabiliser la conformation native de la protéine et d'empêcher ou de réduire son altération structurale. L'échantillon est incubé avec une solution de BSA, puis soumis à un choc thermique contrôlé.

La dénaturation protéique se manifeste par une augmentation de la turbidité du milieu, laquelle est mesurée par spectrophotométrie. L'efficacité de l'huile essentielle est alors déterminée par son pourcentage d'inhibition de cette dénaturation, calculé en comparant l'absorbance de l'échantillon test à celle d'un contrôle témoin. Pour contextualiser les résultats, l'activité de l'huile essentielle est systématiquement comparée à celle d'un anti-inflammatoire de référence standard, le Diclofénac, permettant ainsi d'estimer son potentiel thérapeutique relatif [44].

3- complément alimentaire pour le Cholestérol

Le cholestérol est une molécule lipidique indispensable à la vie, mais dont l'excès dans la circulation sanguine constitue un facteur de risque majeur et modifiable des maladies cardiovasculaires (MCV), première cause de mortalité dans le monde [45].

Cette partie a pour objectif de définir précisément le cholestérol, d'expliquer son métabolisme, ses rôles physiologiques fondamentaux et les déséquilibres pathologiques qui en découlent. Elle dressera également un panorama des approches thérapeutiques, des méthodes traditionnelles aux tendances actuelles, afin de justifier pleinement la nécessité des stratégies de gestion innovantes, dont les compléments alimentaires naturels.

3.1- Définition et Structure Biochimique du cholestérol

Le cholestérol ($C_{27}H_{45}OH$) est un stérol, spécifiquement un alcool stéroïdien secondaire, qui appartient à la grande famille des lipides [46].

Sa structure moléculaire est composée de quatre cycles carbonés fusionnés (noyau stérol) qui forment un noyau stéroïde rigide, une chaîne latérale hydrocarbonée flexible en position C17 et un groupe hydroxyle (-OH) polaire en position C3 (**Figure 4**). Ce groupe hydroxyle confère au cholestérol son caractère amphiphile, lui permettant de s'insérer dans les bicouches phospholipidiques des membranes cellulaires. Le cholestérol présent dans l'organisme provient de deux sources principales : la synthèse endogène (environ 70%), principalement assurée par le foie, et l'apport alimentaire exogène (environ 30%), provenant des produits animaux [47].

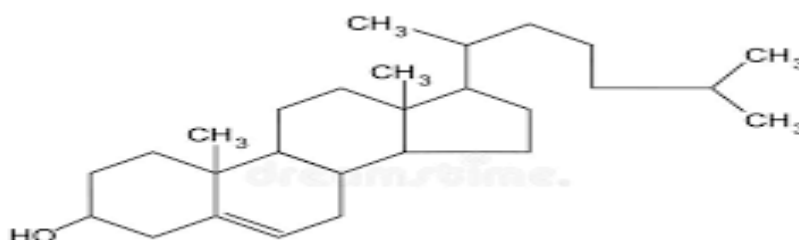


Figure 4 : Structure chimique de cholestérol

3.2. Rôles Physiologiques Fondamentaux

Contrairement à sa réputation négative, le cholestérol est une molécule vitale pour de nombreuses fonctions physiologiques. Il est un composant essentiel des membranes cellulaires, où il module la fluidité membranaire et contribue à la formation des "rafts lipidiques" impliqués dans la signalisation cellulaire [48]

Il sert de précurseur des hormones stéroïdiennes (cortisol, aldostérone, œstrogène, testostérone) et des acides biliaires, essentiels à la digestion des graisses [49].

Enfin, sous l'effet des UVB (Ultra-Violet B), un dérivé du cholestérol présent dans la peau est transformé en vitamine D, cruciale pour l'homéostasie calcique [50].

3.3. Transport et Métabolisme : les Lipoprotéines

Le cholestérol étant insoluble dans l'eau, son transport dans le sang nécessite des vecteurs solubles : les lipoprotéines. Ce sont des complexes de lipides et de protéines spécifiques (apolipoprotéines). Les LDL (Low Density Lipoprotéines) sont les principaux transporteurs de cholestérol vers les tissus périphériques. Un excès de LDL conduit à leur accumulation et oxydation dans la paroi des artères, ce qui leur vaut l'appellation de "mauvais cholestérol" et en fait un acteur clé de l'athérogènes [51].

À l'inverse, les HDL (High Density Lipoprotéines) récupèrent l'excès de cholestérol des tissus et des artères pour le ramener au foie, un processus dit de "transport inverse" qui justifie leur qualification de "bon cholestérol" [52].

3.4. Déséquilibres Lipidiques et Implications Pathologiques

L'hypercholestérolémie, et plus spécifiquement l'élévation des LDL, est la condition pathologique centrale menant à l'athérosclérose [53]

Ce processus débute par l'infiltration et l'oxydation des LDL dans la paroi artérielle, déclenchant une réponse inflammatoire [54].

Les macrophages phagocytent les LDL oxydées et se transforment en "cellules spumeuses" chargées de lipides. Leur accumulation forme la plaque d'athérome, qui, en

se développant ou en se rompant, peut conduire à des complications graves comme l'infarctus du myocarde ou l'accident vasculaire cérébral (AVC) [55].

3.5. Panorama des Méthodes Thérapeutiques : des Traditions aux Tendances Actuelles

La gestion du cholestérol repose sur un spectre d'approches allant des médecines traditionnelles aux thérapies modernes. Les méthodes thérapeutiques traditionnelles font appel à des plantes comme l'ail (*Allium sativum*), utilisé depuis l'Antiquité pour ses propriétés cardiovasculaires [56], ou le Guggul (*Commiphora wightii*), une résine employée en médecine Ayurvédique pour ses vertus hypolipémiantes [57]. Le régime méditerranéen, patrimoine culturel immatériel, en est une autre illustration [58].

Les traitements pharmacologiques modernes, comme les statines qui inhibent l'enzyme HMG-CoA réductase, restent la pierre angulaire du traitement mais peuvent entraîner des effets secondaires et une mauvaise observance [59].

Face à cela, les tendances actuelles montrent un intérêt croissant pour les compléments alimentaires naturels. Perçus comme des alternatives plus douces, ils s'inscrivent dans une démarche de santé préventive et globale, et leur mécanisme d'action fait de plus en plus l'objet de validations scientifiques, créant un pont entre les savoirs traditionnels et la recherche moderne [60].

4-Complément alimentaire à base d'une plante médicinale

Un complément alimentaire désigne une préparation concentrée de nutriments ou d'autres substances actives ayant un effet nutritionnel ou physiologique, destinée à compléter l'alimentation courante. Il se présente sous des formes variées comme les gélules, poudres, comprimés, ampoules, ou liquides, et contient généralement des vitamines, minéraux, plantes médicinales, acides aminés, oligo-éléments, ou autres composés bioactifs [61].

Ces produits ne sont ni des médicaments, ni des substituts de repas, mais sont utilisés pour soutenir des fonctions spécifiques de l'organisme, comme renforcer le système immunitaire, améliorer la digestion, réduire la fatigue ou réguler le métabolisme lipidique. Leur usage doit s'inscrire dans un cadre réglementé, notamment pour garantir leur innocuité, leur qualité, et éviter tout surdosage.

4.1-Complément alimentaire à base de plante médicinale :

Un complément alimentaire à base de plante médicinale est une préparation formulée à partir de substances naturelles extraites de végétaux reconnus pour leurs propriétés biologiques ou thérapeutiques. Il s'agit d'un produit non médicamenteux, utilisé dans un objectif de prévention, de maintien du bien-être, ou de soutien fonctionnel d'un ou plusieurs systèmes physiologiques (digestif, cardiovasculaire, immunitaire, etc.). Ces compléments peuvent contenir des extraits secs ou fluides, des poudres de plantes, ou encore des composés spécifiques tels que des huiles essentielles, flavonoïdes, polyphénols ou alcaloïdes [62].

Contrairement aux médicaments, ces produits ne visent pas à traiter ou guérir une maladie, mais à améliorer l'état de santé général, en complément d'une alimentation équilibrée. Ils sont souvent utilisés dans le cadre de la phytothérapie moderne, notamment pour soulager les troubles mineurs ou pour leur effet antioxydant, anti-inflammatoire, hypolipémiant ou digestif [61,63].

Raisonneuses plantes médicinales traditionnelles sont aujourd'hui revalorisées dans la formulation de compléments alimentaires d'origine naturelle, notamment en raison de leur innocuité relative, de leur biodisponibilité et de leur acceptabilité culturelle, surtout dans les régions où la médecine populaire est encore pratiquée [6].

5-formulation de complément alimentaire

5.1-Concept général de la norme ISO 22000 :

La norme ISO 22000 est un référentiel international qui définit les exigences relatives à un système de management de la sécurité des denrées alimentaires (SMSDA). Elle s'adresse à l'ensemble des acteurs de la chaîne agroalimentaire, depuis les producteurs de matières premières jusqu'aux distributeurs, en passant par les transformateurs, emballeurs, transporteurs ou fabricants d'ingrédients et compléments alimentaires. Son objectif principal est de garantir que les aliments mis sur le marché sont sûrs pour la consommation humaine, en intégrant à la fois des bonnes pratiques d'hygiène, des analyses des dangers (biologiques, chimiques, physiques) et des mesures de maîtrise préventives.

La norme repose sur les principes du HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), combinés à des exigences de management de la qualité inspirées de la norme ISO 9001. Elle introduit une approche systémique et préventive, structurée autour de la communication interne et externe, de la traçabilité, de la gestion des non-conformités et de l'amélioration continue. L'ISO 22000 peut être appliquée aussi bien dans les grandes entreprises que dans les PME, et elle est particulièrement pertinente pour les producteurs de compléments alimentaires d'origine végétale, car elle contribue à garantir l'innocuité, la qualité sanitaire et la confiance du consommateur.

5.2- Fabrication d'un complément alimentaire :

La fabrication d'un complément alimentaire repose sur un ensemble rigoureux d'exigences techniques, sanitaires et réglementaires destinées à garantir la sécurité, la qualité et l'efficacité du produit final. Selon les définitions de la Commission européenne (Directive 2002/46/CE) et les recommandations de l'EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments), un complément alimentaire est une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique, présenté sous une forme posologique (comprimés, gélules, poudres, liquides, etc.).

Le processus de fabrication doit respecter les bonnes pratiques de fabrication (BPF/GMP), fondées sur des référentiels tels que ISO 22000, ISO 9001, et les guides HACCP. Les principales étapes incluent :

- La sélection de la matière première qui doit être authentifiée, analysée et exempte de contaminants (métaux lourds, pesticides, mycotoxines).
- L'extraction et la concentration des principes actifs par des techniques appropriées (extraction hydroalcoolique, macération, distillation, etc.), respectant les normes de qualité pharmaceutique ou alimentaire.
- Le contrôle analytique de l'extrait (teneur en polyphénols, flavonoïdes, huiles essentielles, etc.) par des méthodes validées (HPLC, spectroscopie UV, GC-MS).
- La formulation, qui consiste à intégrer l'extrait dans une forme galénique (poudre, gélule, sirop) avec des excipients autorisés.
- Le conditionnement dans des environnements contrôlés, selon des normes d'hygiène strictes pour éviter toute contamination croisée.
- La traçabilité et l'étiquetage, qui doivent être conformes aux réglementations (composition, allégations, posologie, mises en garde).

5.3- Approche HACCP dans le contrôle de qualité des compléments alimentaires :

L'analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise (HACCP) constitue une méthode systématique et préventive essentielle pour garantir la sécurité microbiologique, chimique et physique des compléments alimentaires. Cette approche repose sur sept principes fondamentaux définis par le Codex *Alimentarius* [64], qui permettent d'identifier, d'évaluer et de maîtriser les dangers tout au long du processus de production, de la réception des matières premières jusqu'à la distribution du produit fini. Pour un complément alimentaire la mise en œuvre de l'HACCP commence par une analyse rigoureuse des matières premières (extraction des principes actifs, risques de

contamination par des toxines ou métaux lourds), suivie par la définition des points critiques de contrôle (PCC) lors des étapes d'extraction, de formulation, de conditionnement et de stockage. Chaque PCC est soumis à des limites critiques spécifiques, à des procédures de surveillance, des actions correctives et des vérifications documentées. Cette méthodologie assure non seulement la conformité réglementaire mais également la protection du consommateur contre les risques sanitaires liés à la consommation prolongée du complément alimentaire.

L'application rigoureuse de l'HACCP est aujourd'hui un standard incontournable dans l'industrie des compléments alimentaires et contribue à la confiance des consommateurs et à la valorisation scientifique des produits phytothérapeutiques

Les 7 principes de l'HACCP

- Analyse des dangers : Identifier tous les dangers biologiques, chimiques ou physiques susceptibles d'affecter la sécurité du produit.
- Détermination des points critiques pour leur maîtrise (PCC) : Identifier les étapes où un contrôle est essentiel pour prévenir ou éliminer un danger.
- Établissement des limites critiques : Définir des critères mesurables (température, pH, temps, etc.) pour chaque PCC.
- Mise en place d'un système de surveillance des PCC : Suivre régulièrement les paramètres critiques pour assurer leur respect.
- Détermination des actions correctives : Prévoir les mesures à prendre lorsqu'un dépassement des limites critiques est constaté.
- Procédures de vérification : Valider et vérifier l'efficacité du système HACCP par des audits, tests et contrôles.
- Documentation et enregistrements : Tenir un dossier complet et précis pour garantir la traçabilité et la conformité

Chapitre II : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre II : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1-Matériel végétal

La plante médicinale étudiée, *Deverra scoparia*, a été récoltée dans une zone semi-désertique de la wilaya de Bir El Ater, située dans le nord-est de l'Algérie (**Figure 5**), connue pour sa biodiversité végétale saharienne



Figure 5 : Localisation de la wilaya de Bir El Ater.

1-1-Préparation du matériel végétal

Après la récolte, les parties aériennes de la plante (tiges et fleurs) ont été soigneusement lavées à l'eau distillée pour éliminer les impuretés, puis mises à sécher à l'ombre dans un endroit bien aéré à température ambiante (25 ± 2 °C).

Matériel végétal



Figure 6 : Étape de séchage de la plante



Figure 7 : Moulin électrique

Une fois séchée (**figure 6**), la plante a été broyée à l'aide d'un moulin électrique (**figure 7**), puis conservée dans des bocaux hermétiques, à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur, jusqu'aux étapes d'extraction

2-Analyse physico-chimique

2-1-Teneur de la matière sèche et humidité :

Le protocole de détermination de la matière sèche a été réalisé selon la méthode B.I.P.E.A. (1976) de dessiccation à l'étuve [9] Des échantillons de feuilles et de graines, préalablement pesés avec précision sur une balance analytique pour obtenir leur masse fraîche (MF), ont été placés dans des boîtes de pesée identifiées (**Figure 8**). Ces boîtes ont ensuite été mises dans une étuve ventilée réglée à une température constante de 80 °C pour une durée de 48 heures. À l'issue de cette période, les échantillons ont été retirés de l'étuve, transférés dans un dessiccateur pour refroidissement à température ambiante, puis immédiatement repesés (figure 7), pour obtenir leur masse sèche (MS). La teneur en matière sèche de chaque échantillon a finalement été calculée selon la formule :

$$\% \text{ MS} = (\text{MS} / \text{MF}) \times 100$$



Figure 8 : l'échantillon dans l'étuve

Le taux d'humidité a été calculé par la différence de masse.

- Teneur en humidité = 23%
- Teneur en matière sèche = 77 %

Selon la norme B.I.P.E.A. (1976) [9] la teneur en eau admissible pour les drogues végétales ne doit pas excéder 23 %. Cette norme vise à garantir une stabilité physico-chimique et à prévenir les risques de dégradation microbologique liés à une humidité excessive. Ainsi, la valeur obtenue se situe dans la limite recommandée, indiquant que :

- Le séchage du matériel végétal a été satisfaisant ;
- La plante présente une teneur en eau conforme aux exigences de qualité définies par la norme [9].
- Le risque d'altération des composés bioactifs ou de contamination microbienne reste faible si la conservation est effectuée dans des conditions adéquates (milieu sec et à l'abri de la lumière).

Cette humidité résiduelle permet également de préserver la texture et les caractéristiques organoleptiques du matériel végétal sans provoquer de sur-séchage, qui pourrait altérer certains constituants volatils ou thermosensibles.

2-2-Teneur en matière grasse

La détermination de la teneur en matières grasses a été réalisée selon la méthode d'extraction au soxhlet décrite par le B.I.P.E.A. (1976) [9]. Un gramme d'échantillon a été introduit dans une cartouche d'extraction et soumis à un entraînement à l'hexane pendant 6 heures. Après évaporation du solvant et séchage à l'étuve à 130°C, la teneur en matières grasses a été calculée par différence pondérale selon la formule :

$$\% \text{ MG} = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{P. échantillon} \times 100,$$

P1 : le poids du ballon vide,

P2 : le poids du ballon contenant la matière grasse,

P. Échantillon : le poids initial de l'échantillon

Les figure ci-dessus représentent le montage (**figure 10**) et la cartouche (**figure 9**) utiliser.

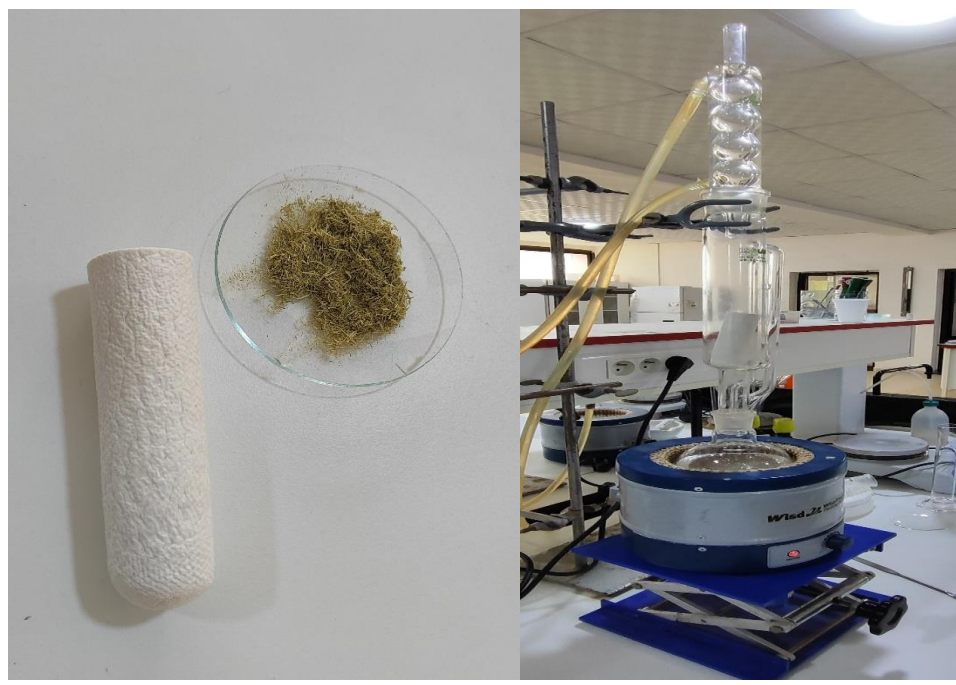


Figure 9 : Cartouche de soxhlet

Figure 10 : Montage de soxhlet

Résultats

Après extraction par Soxhlet avec de l'hexane, la teneur en lipides a été déterminée par pesée différentielle.

Masse initiale (P1) = 1 g

Masse en matières grasses (P2) = 0.04g ;

Teneur en matières grasses = 4%

Un taux de **4%** est généralement considéré comme faible à modéré.

Cela indique que notre échantillon n'est pas un produit particulièrement gras c'est une indication sur le potentiel oléagineux de notre plante.

2-3-Dosage des Protéines

1 g de poudre de la plante, a servi à la préparation de la solution mère de l'extrait protéique. Après filtration, un volume approprié de cette solution a été utilisé pour la détermination de la teneur en protéines selon la méthode de Lowry [15].

Pour chaque échantillon, nous avons ajouté 4,5 ml du réactif de Lowry (réactif de Biuret modifié) puis 0,5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu dilué au demi. Le mélange a été homogénéisé et incubé à température ambiante à l'abri de la lumière pendant le temps nécessaire au développement de la coloration bleue. L'absorbance a ensuite été mesurée à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La quantification des protéines a été réalisée à partir d'une courbe d'étalonnage obtenue avec des concentrations connues d'albumine sérique bovine (BSA), préparées et traitées selon la même procédure expérimentale que les échantillons.

Figure 11 représente broyage d'échantillon de la plante Avec l'eau physiologique

Figure 12 représente ajout du BSA aux échantillons.



Figure11 : Broyage d'échantillon de la plante Avec l'eau physiologique



Figure 12 : Ajout du BSA aux échantillons

L'analyse quantitative des protéines totales, réalisée selon la méthode de Lowry, a montré que 1 g de matière végétale contient environ 375 μg de protéines.

Cette valeur a été déterminée par interpolation sur la courbe d'étalonnage obtenue avec l'albumine sérique bovine (BSA). Le résultat indique que la plante étudiée présente une teneur modérée en protéines. Ceci est représenté sur la (figure 13).

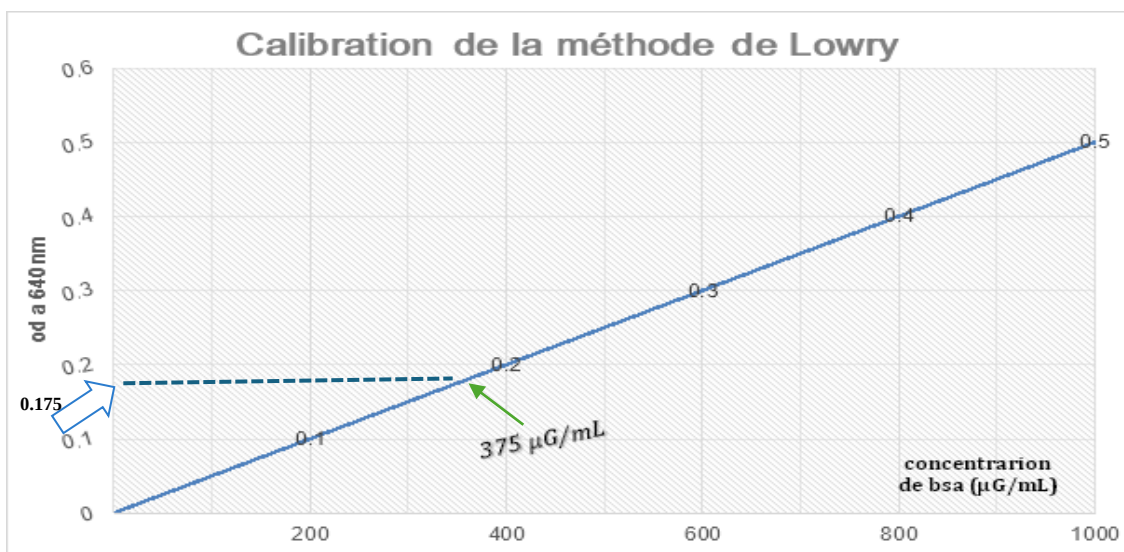


Figure 13 : La courbe d'étalonnage de L'absorbance en fonction de la concentration de BSA

Analyse physico-chimique

Cette quantité suggère que la plante possède une certaine activité métabolique, traduisant la présence de composés azotés liés à des processus physiologiques essentiels, tels que la synthèse enzymatique et la régulation cellulaire. Bien que cette valeur soit inférieure à celle des sources riches en protéines, elle confirme que la plante étudiée dispose d'un potentiel biologique actif, probablement impliqué dans ses propriétés physiologiques ou pharmacologiques

2-4- Détermination du pH

1 à 2 g de la matière végétale sèche sont généralement extraits dans 10 à 20 ml d'eau distillée (ou d'un solvant approprié) sous agitation pendant 30 minutes à température ambiante. Après filtration, le pH du filtrat est mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique préalablement calibré (figure 14 et 15), avec des solutions tampons standards (pH 4, 7 et 10). La mesure est réalisée à température ambiante conformément à la norme ISO 10523 :2008 [18], de préférence entre 20 et 25 °C, et le résultat est exprimé

pH 1 = 5.93

pH 2 = 5.92

Avec une précision de $\pm 0,01$ unité de pH



Figure 14 : 1 ère essay de détermination pH



Figure 15 : 2 ème essay de détermination pH

Ce pH suggère un milieu doux et stable, favorable à la conservation de nombreux métabolites secondaires (comme les flavonoïdes, tanins et stéroïdes). Il est également

Analyse physico-chimique

compatible avec les systèmes biologiques, car proche du pH physiologique des tissus végétaux et de la peau humaine.

Un tel pH témoigne souvent d'une bonne qualité physiologique de l'extrait, sans forte acidité ni alcalinité susceptible d'altérer les composés bioactifs. Sur le plan biochimique, cela indique que la plante possède un équilibre acido-basique modéré, ce qui peut favoriser la stabilité de ses constituants et refléter un métabolisme végétal normal

3-Les tests phyto-chimiques

Les tests phytochimiques qualitatifs ont été menés selon les méthodes décrites par Bruneton permettant une identification fiable des différentes classes de métabolites secondaires. La préparation de la solution mère a été réalisée par macération de 10 g de poudre végétale dans 100 ml de solvant (méthanol-eau 70 :30) sous agitation magnétique à température ambiante pendant 2 heures [20].

3-1-Identification des tanins

Le test aux FeCl_3 a été réalisé en ajoutant quelques gouttes de solution de FeCl_3 à 1% à 2 ml de la solution mère. L'apparition d'une coloration brun-verdâtre a indiqué la présence de tanins catéchiques (tanins condensés), tandis qu'une coloration bleu-noirâtre aurait révélé des tanins galliques (tanins hydrolysables) [20].

3-2-Identification des flavonoïdes

Le test à l'ammoniaque a été réalisé en ajoutant 0,5 ml d'ammoniaque à 10% à 2 ml de la solution mère. L'apparition d'une coloration jaune intense a confirmé la présence de flavonoïdes. [20].

3-3-Identification des quinones libres

Pour cela, On ajoute quelques gouttes d'une solution alcaline, généralement hydroxyde de sodium (NaOH) à 1% ou ammoniaque diluée à 1 ml de la solution mère. En présence de quinones libres, on observe l'apparition d'une coloration rouge, violette ou brune

intense, témoignant de la formation de sels phénolates par ionisation des groupes carbonyles conjugués [20].

3-4-Identification des stéroïdes

Pour ce test, une petite quantité d'extrait est dissoute dans du chloroforme ; on ajoute ensuite quelques gouttes d'anhydride acétique, suivies de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré le long des parois du tube sans agiter. En présence de stéroïdes, une coloration vert-bleuté ou vert émeraude apparaît progressivement à l'interface, traduisant une réaction de condensation spécifique des noyaux stérols [20].

3-5-Identification des saponosides

Le test de référence consiste à en agitant vigoureusement 2 ml de la solution mère avec 5 ml d'eau distillée pendant 30 secondes. L'éprouvette est ensuite laissée au repos pendant 15 minutes. La formation d'une mousse stable d'au moins 1 cm de hauteur indique la présence de saponosides [20].

Résultats

Les tests ont montré la présence de plusieurs familles de métabolites secondaires.

Tableau 2 : Résultats des tests phyto-chimiques qualitatifs

Composés recherché	Test appliqué	Reaction observée	Présence (+) / Absence (-)
Tanins (catéchiques)	FeCl ₃	Coloration brun-verdâtre	+
Tanins (galliques)	FeCl ₃	Coloration bleu-noirâtre	-
Flavonoïdes	L'ammoniaque	Coloration rouge/rose	+
Quinones libres	Alcalin (NaOH)	Coloration rouge/violette	-
Stéroïdes	Liebermann-	Coloration vert	+

Les tests phyto-chimiques

	Burchard	émeraude	
Saponosides	Mousse persistante (>1 cm)	Formation de mousse	-

Discussion

L'analyse phytochimique révèle la présence de tanins, de flavonoïdes et de stéroïdes dans l'extrait étudié, tandis que les quinones libres et les saponosides sont absents. La présence de tanins et de flavonoïdes traduit un potentiel antioxydant et antimicrobien important, contribuant à la protection contre le stress oxydatif et les infections. Les stéroïdes, quant à eux, pourraient être responsables d'activités anti-inflammatoires et stabilisatrices des membranes cellulaires. L'absence de quinones libres et de saponosides indique que ces classes de métabolites ne participent pas aux effets biologiques observés dans cet extrait

4-Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par entraînement à la vapeur d'eau. En pratique, la matière végétale préalablement broyée a été placée dans un ballon de distillation, recouverte partiellement d'eau distillée. L'ensemble a été raccordé à un appareil de type Clevenger (**Figure 16**), et chauffé modérément pour provoquer l'ébullition. La vapeur d'eau, en traversant la plante, entraîne les composés volatils qui sont ensuite condensés par un réfrigérant. Le distillat obtenu (mélange eau/huiles essentielles) est recueilli dans le tube de Clevenger, permettant la séparation par différence de densité. L'extraction a été poursuivie pendant 3 heures, puis les huiles essentielles ont été récupérées, séchées sur sulfate de sodium anhydre et conservées dans un flacon ambré à température ambiante, à l'abri de la lumière.



Figure 16 : Montage de clevenger

L'extraction par hydrodistillation utilisant l'appareil de Clevenger, réalisée sur 80 g de matière végétale sèche, a permis d'obtenir un volume de 3,5 mL d'huile essentielle.

Le rendement d'extraction calculé est de :

$$\text{Rendement} : \frac{3,5}{80} \times 100 = 5\%$$

Un rendement de 5% est considéré comme élevé dans le domaine des huiles essentielles.

Ce résultat significatif suggère que l'espèce végétale étudiée possède une forte accumulation de métabolites secondaires volatils dans ses tissus. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette productivité :

- La saison de récolte optimale
- Les organes de la plante riches en canaux sécréteurs
- L'efficacité de la méthode d'extraction choisie

Ce rendement prometteur justifie pleinement la poursuite des investigations chimiques et biologiques pour valoriser cette ressource naturelle

5-Analyse chromatographique

Analyse des huiles essentielles par CG/SM

L'analyse a été réalisée sur un système Shimadzu GC-2030 couplé à un spectromètre de masse GCMS-TQ8040 NX, équipé d'un injecteur automatique AOC-30/20i. Les conditions analytiques ont été optimisées pour la séparation des composés volatils, conformément aux protocoles standardisés pour les matrices végétales complexes [34]
Colonne chromatographique : RTX-5SILMS (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm).

Température de l'injecteur : 250 °C, mode Split (ratio 25 :1).

Gaz vecteur : Hélium (He), débit constant de 1,20 ml/min.

Volume d'injection : 1 µL.

Acquisition des Spectres de Masse

- Source d'ionisation : Électron Impact (EI), 70 eV.
- Température de l'interface : 250 °C.
- Plage de balayage : m/z 30 – 500.
- Temps de coupure du solvant : 2,50 min.
- Bibliothèques de spectres : NIST et Wiley.

RÉSULTATS

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM) de l'échantillon a permis d'identifier 118 composés volatils.

Le chromatogramme : représente l'intensité du signal (en général en "Abondance Relative") en fonction du temps de rétention (TR) (**la figure 17**).

Discussion :

Le tableau présente les composés majeurs représentant 52% de la composition totale de l'échantillon, classés par ordre de temps de rétention croissant (**tableau 3**).

L'identification des composés a été réalisée en se basant sur :

- La comparaison des spectres de masse avec les banques de données (**Adam, 2017**) [34]
- Le calcul des indices de rétention relatifs aux n-alcanes (IR)
- La comparaison avec les données de la littérature scientifique

Les composés sont présentés avec leur temps de rétention (TR), indice de rétention (IR) et pourcentage d'abondance relative (% Surface). Seuls les composés présentant un facteur de similarité supérieur à 85% ont été retenus pour une identification fiable.

Tableau 3 : la composition totale de l'échantillon (CG-SM)

- réglementaires en vigueur.

6-activités microbiologiques

6-1- Évolution de l'activité antioxydante

Évaluation de l'activité antiradicalaire par le test au DPPH

L'activité antiradicalaire des deux plantes a été évaluée in vitro à l'aide du test du DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (**Figure 18**). Ce test repose sur la capacité des extraits (**Figure 19**) réduire le radical libre DPPH, initialement de couleur violette foncée, en une forme réduite de teinte jaunâtre. Cette décoloration traduit la neutralisation du radical libre par les composés antioxydants présents dans les extraits [25].

Le test a été réalisé en incubant 50 µL de chaque concentration d'extrait ou du standard avec 1,25 ml d'une solution méthanolique de DPPH à 0,004 % pendant 30 minutes. L'absorbance des mélanges a ensuite été mesurée à 517 nm,

Les résultats ont été exprimés en comparant l'activité antiradicalaire des extraits à celle du BHT (butylhydroxytoluène), utilisé comme antioxydant de référence.

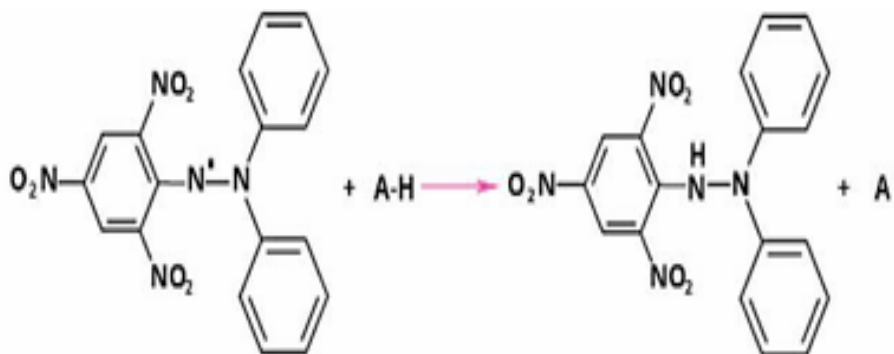


Figure 18 : Réaction du composé azoïque nitrophénylpyrazoline

RÉSULTATS

Les résultats de l'activité antiradicalaire des extraits, évaluée par le test au DPPH, sont présentés dans le (**Tableau 4**)

Tableau 4 : La dégradation des concentrations de l'huile avec les données (l'absorbance, le pourcentage d'inhibition) activité antioxydante

Échantillons	SM (1mg/ml)	C1 (0.5mg/ml)	C2 (0.25mg/ml)	C3 (0.125)	C4 (0.006)
ABS	0.111	0.287	0.446	0.497	0.533
% d'inhibition	82.32	54.29	29	21	15



Figure 19 : les échantillons de dégradation des

Les valeurs ob concentrations de l'huile activité antioxydante ce courbe nous pouvons déterminer les pourcentages d'inhibition (**tableau 4**) obtenus en fonction des concentrations utilisées ainsi que la valeur IC50 (**Tableau 5**) .

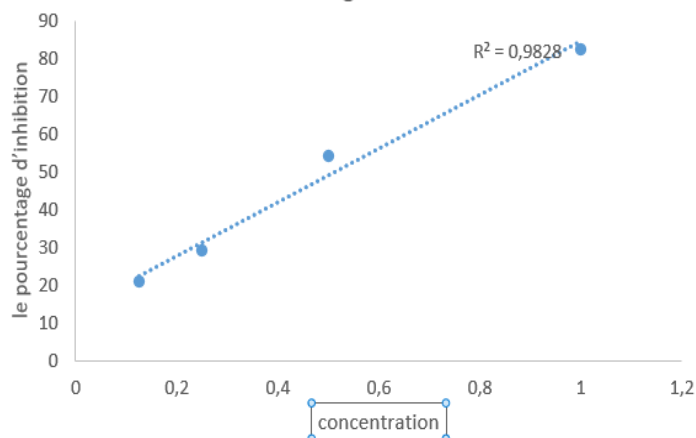


Figure 20 : Courbe des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations

Tableau 5 : Résultats valeur IC50 activité antioxydante

Echantillons	DPPH IC50 (µg/ml)
HE	460
Acide ascorbique	80

Discussion

L'huile essentielle testée démontre une activité antioxydante contre le radical DPPH, mais celle-ci est significativement plus faible que celle de l'acide ascorbique. Cette différence est principalement attribuable à la nature hydrophobe et complexe de la matrice de l'huile essentielle, comparée à la molécule de référence pure et hydrosoluble.

6-2- Évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle a été évaluée in vitro selon la méthode des puits de diffusion sur gélose (Burts,2004) [41] Cette méthode a été appliquée contre deux souches bactériennes de référence :

- *Escherichia coli* (bactérie à Gram négatif),
- *Bacillus subtilis* S4 (bactérie à Gram positif).

Le DMSO (diméthylsulfoxyde) a été utilisé comme témoin négatif,

Préparation du matériel et des milieux

Avant l'expérimentation, l'ensemble du matériel (milieu de culture, eau distillée, tubes à essai, embouts et pipettes) a été stérilisé par autoclavage à 121°C pendant 15 minutes. Le milieu Mueller Hinton (MH) a été choisi pour le test, car il favorise la croissance optimale de la majorité des bactéries. Après stérilisation, le milieu fondu est versé dans des boîtes de Pétri stériles à raison de 20 mL par boîte, correspondant à une épaisseur d'environ 6 mm, puis laissé à solidifier pendant 30 minutes à température ambiante.

Préparation des suspensions bactériennes

Les souches bactériennes ont été cultivées sur gélose MH pendant 18 heures à 37°C. Une ou plusieurs colonies bien isolées ont ensuite été prélevées et transférées dans des tubes contenant de l'eau physiologique stérile (NaCl 0,9 %) afin d'obtenir une suspension microbienne dont la turbidité est ajustée à 0,5 McFarland, correspondant à une absorbance comprise entre 0,08 et 0,1 à 625 nm[41]. La densité de l'inoculum a été ajustée par ajout de culture bactérienne (si trop faible) ou d'eau physiologique (si trop forte).

Mise en œuvre du test antibactérien

À partir des suspensions normalisées, les souches bactériennes ont été ensemencées par écouvillonnage sur la surface du milieu MH de manière homogène. Des puits de 6 mm de diamètre ont ensuite été pratiqués dans la gélose à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Chaque puits a été rempli avec 50 µL de l'huile essentielle à différentes concentrations. Un puits contenant le DMSO pur a été utilisé comme témoin négatif, et un autre contenant la Gentamicine comme témoin positif.

Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures. Après incubation, le diamètre des zones d'inhibition (en mm) autour de chaque puits a été mesuré pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle.

RÉSULTATS

L'activité antibactérienne des complexes a été testée in vitro en utilisant la méthode des puits. Les complexes étudiés ont été dissous dans du DMSO et ajoutés à un puit de 6 mm de diamètre. Les résultats des diamètres des zones d'inhibition de l'huile essentielle sur les bactéries sont illustrés dans les (figures 21 et 22) et regroupés dans le (tableau 6).

Figure 21 : Zone d'inhibition avec *Bacillus subtilis*

Figure 22 : Zone d'inhibition avec *E.coli*

Tableau 6 : Résultats de l'antibiogramme traduit par les zones d'inhibition en mm

	Diamètre des zones d'inhibition en mm	
Souches	<i>E.coli</i>	<i>Bacillus subtilis</i> S4
L'huile Essentielle	22	13
DMSO (témoin)	-	-

- : sans effet

Interprétation des résultats

Absence d'activité du témoin (DMSO)

- Le diméthylsulfoxyde (DMSO) n'a provoqué aucune inhibition sur les souches testées (absence de zone d'inhibition).
→ Cela confirme que l'effet antibactérien observé provient bien de l'huile essentielle, et non du solvant.
- Les diamètres des zones d'inhibition sont tous supérieurs à 10 mm, ce qui indique une activité significative.

Comparaison entre les souches

- *E. coli* (22 mm) → Sensibilité la plus élevée : l'huile essentielle est très efficace contre cette souche Gram négative.
- *Bacillus subtilis* S4 (13 mm) → Sensibilité faible testées.

Analyse globale

- L'huile essentielle agit à la fois sur les bactéries Gram positives (*B. subtilis*) et Gram négatives (*E. coli*), ce qui suggère une large gamme d'activité antibactérienne.
- L'efficacité plus marquée contre *E. coli* peut être liée à une meilleure diffusion des composés actifs ou à une plus grande sensibilité de cette souche à certains constituants de l'huile.

6-3- Évaluation de l'activité anti-inflammatoire

Méthode d'inhibition de la dénaturation thermique de la BSA

Cette méthode repose sur la capacité des échantillons à inhiber la dénaturation thermique de l'albumine sérique bovine (BSA), La dénaturation des protéines est un phénomène fréquemment associé aux processus

inflammatoires et arthritiques, conduisant à la formation d'auto-antigènes susceptibles de déclencher des réactions auto-immunes [44].

L'huile essentielle de la plante a été testée à différentes concentrations pour évaluer son potentiel anti-inflammatoire. Le test consiste à mélanger 0,05 ml de chaque concentration d'huile essentielle avec 0,45 ml de solution de BSA (2 %).

Les mélanges sont ensuite :

1. Incubés à 37°C pendant 20 minutes dans une étuve,
2. Puis chauffés à 57°C pendant 30 minutes dans un bain-marie pour provoquer la dénaturation protéique.

Après refroidissement à température ambiante, 2,5 mL de tampon phosphate salin (PBS) sont ajoutés à chaque tube. La turbidité des solutions, qui reflète la dénaturation de la BSA, est mesurée à 660 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

RÉSULTATS

L'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle (HE) a été évaluée *in vitro* à l'aide du test d'inhibition de la dénaturation de l'albumine sérique bovine (BSA). Ce test permet de mesurer la capacité d'un échantillon à protéger une protéine contre la dénaturation thermique, un processus impliqué dans la réponse inflammatoire.

Les résultats, exprimés en pourcentage d'inhibition de la dénaturation, ont été mesurés pour un large éventail de concentrations de l'HE, allant de 200 à 1.56 µg/mL. Les données (**Tableau 7**) ont révélé une relation dose-dépendante marquée entre la concentration de l'HE et son effet inhibiteur. L'activité est passée d'environ 27% d'inhibition à la plus faible concentration (1,56 µg/ml) à plus de 90% d'inhibition aux concentrations les plus élevées (150µg/ml).

Tableau 7 : La Concentrations, L'Absorbance, et le pourcentage % d'Inhibition des échantillons

Ech	C-	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	SM
µg/ml		1,56	3,125	6,25	12,5	25	50	100	150	200
% d'inh	-	27.34	35.75	52	83	84	84,31	88,34	92	92,17
Abs	2.531	1.839	1.626	1,203	0.433	0.405	0.397	0.295	0.205	0.198

La concentration inhibitrice médiane (IC₅₀), définie comme la concentration nécessaire pour inhiber 50% de la dénaturation protéique, a été déterminée par analyse de régression à partir de la courbe (**Figure 23**) dose-réponse. La valeur d'IC₅₀ calculée pour l'huile essentielle est de 6 µg/ml. (**Tableau 8**)

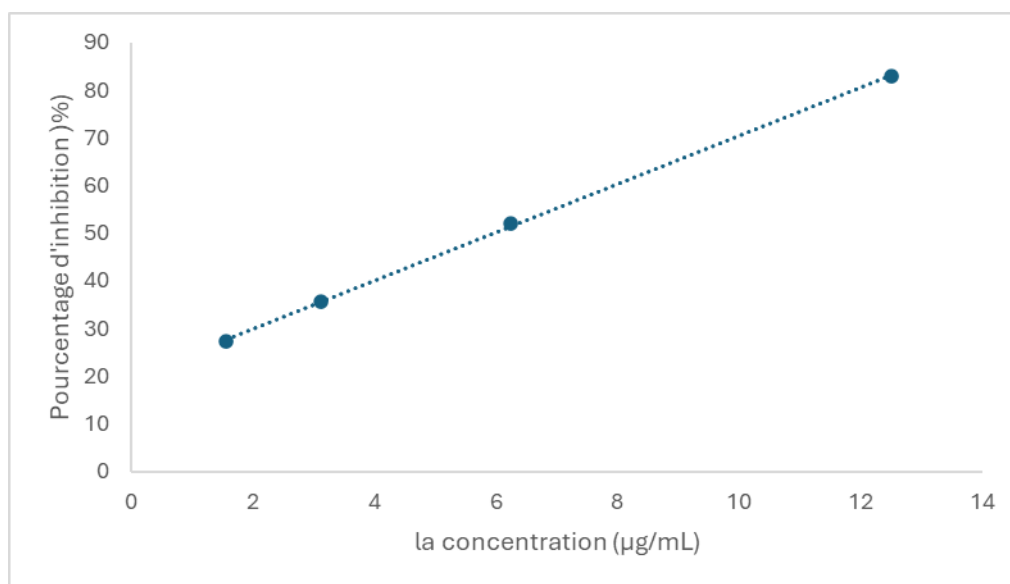


Figure 23 : Courbe de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration activité anti-inflammatoire.

Tableau 8 : La concentration inhibitrice médiane (IC₅₀) d'huile activité anti-inflammatoire

Échantillons	Anti-inflammatoire IC ₅₀
--------------	-------------------------------------

	(µg/ml)
HE	6µg/ml

Discussion

La valeur d'IC₅₀ de 6 µg/ml obtenue pour l'huile essentielle dans le test d'inhibition de la dénaturation de la BA indique une activité anti-inflammatoire *in vitro* extrêmement puissante. Une faible valeur d'IC₅₀ signifiant une forte puissance.

La puissance observée (IC₅₀ = 6 µg/mL) suggère que les composés actifs de l'HE sont capables d'interagir efficacement avec la protéine modèle pour la stabiliser et prévenir son altération thermique. Ce mécanisme, qui implique souvent des interactions hydrophobes ou la formation de liaisons hydrogène, est un mode d'action commun à plusieurs anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) de référence (**Habibur, R., Suman, K., & Guatam, L. (2012)) [44]**. La stabilisation des protéines est un phénomène crucial pour limiter la libération d'antigènes qui déclenchent et entretiennent les processus inflammatoires, comme dans la polyarthrite rhumatoïde.

7- La Formulation du complément alimentaire

Choix de la forme galénique

La forme galénique retenue pour le complément alimentaire est la gélule dure. Ce choix repose sur plusieurs considérations :

- La protection des composés sensibles, tels que les polyphénols et les huiles essentielles, contre la lumière, l'humidité et l'oxygène.
- La facilité d'administration orale, sans goût ni odeur, améliorant l'acceptabilité du produit par les consommateurs.
- La compatibilité avec des extraits végétaux sous forme sèche.

Des études antérieures (EFSA, 2012) ont montré que la gélule constitue un système efficace pour la libération contrôlée et la stabilité des ingrédients d'origine végétale.

Composition qualitative et quantitative

La formulation finale de chaque gélule (**Tableau 9**) a été établie sur la base d'essais préliminaires et des caractéristiques physico-chimiques des extraits. Elle comprend :

- **Masse totale par gélule** : 500 mg (tolérance $\pm 5\%$).
- **Ratio plante/additifs** optimisé par plan suivant.

• **Tableau 9** : Composition du complément alimentaire

Composant	Masse (mg)	Fonction
Poudre de <i>D. scoparia</i>	400	Matrice active
Maltodextrine	50	Support de remplissage
Gomme arabique	30	Stabilisateur de suspension
Silice colloïdale	15	Améliore la fluidité
Extrait de romarin	5	Prévention de l'oxydation

L'enveloppe de la gélule est en gélatine d'origine animale, conforme aux exigences du Codex Alimentarius et aux réglementations européennes (règlement CE n° 852/2004)

Procédé de fabrication

Le procédé de fabrication est structuré selon les Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF), telles que décrites par l'AFNOR (NF V94-001) et la directive européenne 2003/94/CE. Il comprend les étapes suivantes :

1. **Pesée** des matières premières dans une zone à atmosphère contrôlée.
2. **Tamisage** des poudres pour éliminer les agglomérats.
3. **Mélange homogène** dans un mélangeur de type V ou à cuve rotative pendant 15 à 20 minutes.
4. **Encapsulation** du mélange à l'aide d'une capsuleuse semi-automatique, en contrôlant la masse unitaire des gélules.
5. **Conditionnement** des gélules dans des flacons opaques hermétiquement fermés, avec ajout de sachets dessiccants pour la protection contre l'humidité.

6. **Étiquetage** conforme au règlement (UE) n° 1169/2011, incluant les mentions obligatoires : dénomination du produit, liste des ingrédients, posologie recommandée, précautions d'emploi et mentions léga

Chapitre III : Aspect économique et commercial

1-Etudes commerciales

1. 1- L'idée du projet :

Porté par le succès d'un remède traditionnel à base de plantes locales pour réduire le cholestérol, ce projet vise à transformer cette pratique ancestrale en un complément alimentaire scientifique et sûr. Il répond à la préoccupante prévalence de l'hypercholestérolémie en Algérie et aux difficultés d'accès à des traitements à la fois efficaces et abordables. Le projet s'inscrit dans une démarche globale : il propose une alternative naturelle pour alléger le fardeau financier des patients, valorise les ressources locales par une exploitation durable, et participe au développement de l'économie nationale grâce à la création d'emplois. Ainsi, il allie innovation scientifique, préservation de l'environnement et impact socio-économique positif pour la société algérienne.

1.2-Valeurs Proposées :

- **Naturalité et Efficacité** : Offrir un produit entièrement fabriqué à partir de composants naturels garantissant des bienfaits santé prouvée dans la réduction du cholestérol, avec une confirmation de la qualité et de l'efficacité du produit via des tests scientifiques.
- **Sécurité et Santé** : Garantir que le complément alimentaire est sûr à utiliser et ne cause pas d'effets secondaires nocifs, tout en respectant pleinement les normes sanitaires et médicales approuvées.
- **Durabilité Environnementale** : Adopter des ressources végétales locales grâce à des méthodes durables qui préservent l'environnement et soutiennent l'agriculture locale.
- **Autonomisation Économique et Sociale** : Créer de nouvelles opportunités d'emploi et encourager la production locale pour soutenir l'économie nationale et améliorer les conditions sociales de la communauté.
- **Innovation et Amélioration Continue** : S'appuyer sur la recherche scientifique et l'amélioration continue pour optimiser le produit et offrir des solutions innovantes répondant aux besoins changeants du marché.

- **Transparence et Crédibilité :** Fournir des informations claires et fiables sur le produit, ses composants et son mode d'utilisation pour établir une relation de confiance solide avec les clients.
- **Sensibilisation à la Santé :** Renforcer la culture sanitaire et la prévention des maladies liées au cholestérol des campagnes de sensibilisation efficaces et la promotion de l'utilisation de traitements naturels.

1.3- Objectifs du Projet :

Le projet vise à répondre à la demande croissante de produits naturels en offrant un produit de haute qualité conforme aux normes sanitaires internationales. Il cible une part de marché de 1% à 3% à court terme (2 ans) et de 5% à 15% à moyen terme (5 ans). Cette croissance s'appuiera sur des stratégies marketing efficaces, des partenariats de distribution avec des pharmacies et des magasins spécialisés, tout en créant des emplois et en soutenant l'économie locale. Le projet ambitionne également de sensibiliser les consommateurs à l'importance des compléments naturels, en ciblant particulièrement les personnes âgées, les sportifs et les patients souffrant de cholestérol.

1.4-Calendrier du Projet :

Pour la réalisation du projet de fabrication, les phases principales ont été réparties sur une période de 12 à 18 mois (**Tableau 10**)

Tableau 10 : Calendrier de la réalisation de Projet

Phase	Durée	Activités Principales	Observations
Étude de faisabilité et planification	2-3 mois	- Étude de marché et analyse concurrentielle - Identification des ressources et fournisseurs - Élaboration du plan d'affaires et budget	Inclut l'analyse coûts-avantages
Procédures légales	2 mois	- Enregistrement officiel de l'entreprise - Obtention des licences sanitaires et environnementales	Conformité réglementaire obligatoire

		- Homologation du produit	
Recherche et développement	3-4 mois	- Développement de la formulation optimale - Tests de qualité et de sécurité - Conception du packaging	Inclut tests cliniques et de laboratoire
Approvisionnement et installation	2 mois	- Achat des matières premières certifiées - Installation des lignes de production - Formation du personnel technique	Préparation des infrastructures
Production pilote	1-2 mois	- Production en quantités limitées - Contrôle qualité strict - Optimisation des processus	Phase de tests et validation
Marketing et promotion	2-3 mois	- Lancement des campagnes marketing - Distribution d'échantillons - Création des canaux de distribution	Préparation du lancement commercial
Lancement et suivi	1-2 mois	- Lancement officiel du produit - Collecte des retours clients - Suivi des indicateurs de performance	Phase d'amélioration continu

1.5-Nature des innovations :

- Innovation technique : Extraction avancée préservant la pureté des principes actifs, emballage assurant stabilité et qualité, conception ergonomique facilitant l'utilisation.
- Innovation économique : Utilisation de ressources locales durables réduisant les coûts d'importation, stratégies marketing ciblées positionnant le produit comme alternative naturelle aux médicaments traditionnels.

- Innovation sociale et environnementale : Promotion de la santé par les compléments naturels, contribution au développement durable de l'agriculture locale et sensibilisation environnementale.
- Approche intégrée : Combinaison des sciences naturelles, technologies agricoles et médicales, et dimensions économico-sociales pour une solution santé globale et sécurisée.

2-Analyse stratégique du marché :

2.1- Présentation du secteur marché :

- **Marché potentiel** : Population algérienne souffrant de cholestérol élevé ou recherchant une santé cardiaque améliorée via des compléments naturels, incluant les adultes d'âge moyen et avancé, les patients cardiaques, les sportifs et les personnes santé-conscientes.
- **Marché cible** : Segments à fort pouvoir d'achat et demande élevée - seniors, patients hypercholestérolémiques, personnes à risque cardiaque, et jeunes sportifs soucieux de leur bien-être.
- **Canaux de distribution** : Pharmacies, centres de santé et magasins spécialisés en produits naturels comme circuits privilégiés.
- **Tendances** : Croissance de la demande locale et mondiale pour les compléments alimentaires, avec une sensibilisation accrue aux produits naturels et sains.

2.2- Mesure de l'intensité concurrentielle :

2.2.1- Concurrents directs :

Il s'agit des entreprises et fabricants qui proposent des compléments alimentaires naturels ciblant spécifiquement la réduction du cholestérol ou l'amélioration de la santé

générale. Parmi les ingrédients les plus utilisés dans leurs produits figurent la levure de riz rouge, les stérols végétaux, les acides oméga-3, le thé vert et les protéines de soja. Ces concurrents sont bien présents sur le marché algérien avec un nombre moyen d'entreprises spécialisées, les entreprises disposant de produits certifiés et agréés contrôlant des parts de marché comprises entre 20 % et 40 %.

2.2.2- Concurrents indirects :

Il s'agit des entreprises pharmaceutiques traditionnelles produisant des statines, ainsi que des aliments enrichis et autres alternatives nutritionnelles. Ils bénéficient de parts de marché importantes en raison de leur efficacité prouvée et des prescriptions médicales, mais souffrent d'un manque d'acceptation chez les consommateurs préférant des solutions naturelles.

2.3- Partenariats principaux :

- Les fournisseurs : Collaboration avec des fournisseurs agréés et agriculteurs locaux pour garantir des matières premières de qualité, une stabilité d'approvisionnement et une optimisation des coûts.
- Les centres de R&D : Coopération avec des universités et centres de recherche pour développer des formulations innovantes, réaliser des tests laboratoires et études cliniques crédibilisant le produit.
- Les distributeurs : Partenariats avec des réseaux de distribution locaux et nationaux, pharmacies et plateformes en ligne pour assurer une large couverture du marché.
- Les institutions gouvernementales : Coordination avec les ministères concernés pour faciliter l'obtention des autorisations, licences et conformité aux normes.
- Les investisseurs : Attraction de fonds PME et investisseurs privés pour financer le développement et l'expansion du projet.

2.4-Méthodes et sources de financement :

- Financement personnel : Épargne et soutien familial pour les coûts initiaux, garantissant autonomie et absence de dettes.

- Prêts bancaires : Recours aux crédits PME et programmes étatiques subventionnés, avec étude de faisabilité préalable.
- Partenariats : Attraction d'investisseurs et fonds spécialisés en échange de parts dans le projet.
- Aides gouvernementales : Utilisation des subventions et programmes des ministères et organismes nationaux.
- Financement participatif : Collecte via plateformes numériques pour le développement et l'expansion.
- Réinvestissement : Recyclage des bénéfices pour renforcer les capacités et optimiser le marketing

3- Le proto type

Notre produit a été nommé « **DECHOLESTERRA** ».

3.1-Le logo

Le logo retenu pour représenter notre marque est présentés dans la **(figure 24)**



Figure 24 : Le logo

3.2-Emballage et étiquetage :

Notre concept d'emballage innovant associe une cartouche externe moderne à une bouteille interne pratique. L'ensemble contient 30 gélules de 500 mg, offrant une protection maximale et une expérience utilisateur raffinée. **Figure (25)**



Figure 25 : Le prototype de produit



Figure 26 : la cartouche cratonique externe



Figure 27 : l'interface de la boîte

3.3- le site web.

Dans le cadre de ce projet, un démonstrateur fonctionnel sous la forme d'un site web a été développé. Il a pour objectif de valider les hypothèses clés concernant l'expérience utilisateur et la valeur perçue du service.

Lien d'accès : <https://decholesterra.vercel.app/>

Ce site est un prototype et peut présenter des limitations fonctionnelles. Il est hébergé sur un serveur d'évaluation et n'est pas optimisé pour une charge importante (**Figure 29**)



Figure 28 : La page d'accueil de site



Figure 29 : la page professionnelle de site web

4- Le Business Plan

Le business plan de ce projet vise à structurer le développement et la commercialisation des complément alimentaire à base du plante médicinale , Les tableaux suivants résument les données recueillies :

Tableau 11 : Investissement

INVESTISSEMENT			
E Q U I P E M E N		Année 01	Total Période
	matieres premieres	14 400 000	72 250 000
	Matériel N°02	0	0
	Matériel N°03	0	0
	Matériel N°04	0	0
	Matériel N°05	0	0
	Matériel N°06	0	0
	Matériel N°07	0	0

Tableau 12 : La masse salariale des employeurs

MASSE SALARIALE			
P E R M A N E N T S		ETP	Total
	ur en nutrition et industrie ali	1,00	809 400
	Secrétaire	0,00	0
	agent	0,00	0
	Expert en programmation	0,00	0
	Poste N°05	0,00	0
	Poste N°06	0,00	0
	Poste N°07	0,00	0
	Poste N°08	0,00	0
	Poste N°09	0,00	0
	Poste N°10	0,00	0
	Sous-Total (2)		809 400

Tableau 13 : Les achats directs

Achat directs		
A c h a t s d i r e c t s	<u>Prestation</u>	<u>Total</u>
	Produit/Service N°01	0
	Produit/Service N°02	0
	Produit/Service N°03	0
	Produit/Service N°04	0
	Produit/Service N°05	0
	Sous-Total (03)	0

Tableau 14 : Charges externes

CHARGES EXTERNES		
C h a r g e s e x t e r n e s	<u>Libellé</u>	<u>Total</u>
	Sous-traitance	0
	Loyers	150000
	Energie/eau/gaz	242500
	Frais Marketing	50000
	Honoraires d'avocat	0
	Honoraires du Notaire	0
	Honoraires d'expert-comptable	0
	Honoraires Commissaire aux Comptes	0
	Frais du transit	0
	Frais télécom	0
	Divers fournitures	0
	Frais de formation	0
	R&D	0
	Sous-Total (04)	442 500,00

Tableau 15 : Chiffre d'affaires

Chiffre d'affaires		
Produit/Service N°01	Désignation:	complément alimentaire
	Quantité:	6000
	Prix unitaire:	1200
	Sous-Total:	7200000
Produit/Service N°02	Désignation:	
	Quantité:	
	Prix unitaire:	
	Sous-Total:	

	FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05	
1	1000	2000	3000	4000	5000	6000
1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
1200000	2400000	3600000	4800000	6000000	7200000	

	N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
0	0	0	0	0	0	0

Tableau 16 : Tableau du budget

Bilan

DZD	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
Immobilisations	12 342 857	22 650 000	30 917 857	37 142 857	41 321 429
Clients	-	-	-	-	-
Stock	-	-	-	-	-
Autres actifs courants					
Autres passifs courants					
Trésorerie	(13 251 900)	(26 950 100)	(39 330 800)	(50 544 000)	(61 081 600)
Fournisseurs	-	-	-	-	-
Actif Net	(909 043)	(4 300 100)	(8 412 943)	(13 401 143)	(19 760 171)
Capital social					
Résultat de l'exercice	(909 043)	(3 391 057)	(4 112 843)	(4 988 200)	(6 359 029)
Réserves légales					
Reports à nouveau		(909 043)	(4 300 100)	(8 412 943)	(13 401 143)
Total capitaux propres	(909 043)	(4 300 100)	(8 412 943)	(13 401 143)	(19 760 171)

Tableau 17 : tableau de calcul des résultats

	N-1 (historique)	Année 01	Année 02	Année 03	Année 04	Année 05
DZD	FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
Chiffre d'affaires	1 200 000	2 400 000	3 600 000	4 800 000	6 000 000	7 200 000
Achats consommés	-	-	-	-	-	-
Marge brute	1 200 000	2 400 000	3 600 000	4 800 000	6 000 000	7 200 000
Charges externes	(4 190 000)	(442 500)	(445 000)	(302 500)	(310 000)	-
Salaires et charges sociales	(1 618 800)	(809 400)	(2 428 200)	(2 428 200)	(2 428 200)	(3 237 600)
EBITDA	(4 608 800)	1 148 100	726 800	2 069 300	3 261 800	3 962 400
Amortissements et provisions		(2 057 143)	(4 117 857)	(6 182 143)	(8 250 000)	(10 321 429)
Reprise sur provisions		-	-	-	-	-
EBIT		(909 043)	(3 391 057)	(4 112 843)	(4 988 200)	(6 359 029)
Charges financières						
Résultat avant impôts		(909 043)	(3 391 057)	(4 112 843)	(4 988 200)	(6 359 029)
Impôts sur les sociétés		-	-	-	-	-
Résultat net		(909 043)	(3 391 057)	(4 112 843)	(4 988 200)	(6 359 029)
<i>Evolution du chiffre d'affaires</i>		-	50%	33%	25%	20%

Tableau18 : Synthèse

SYNTHESE

Catégorie	Montant	
 investissement	14 400 000	92%
 Masse salariale	809 400	5%
 Achats directs	0	0%
 Charges externes	442 500	3%
	15 651 900	

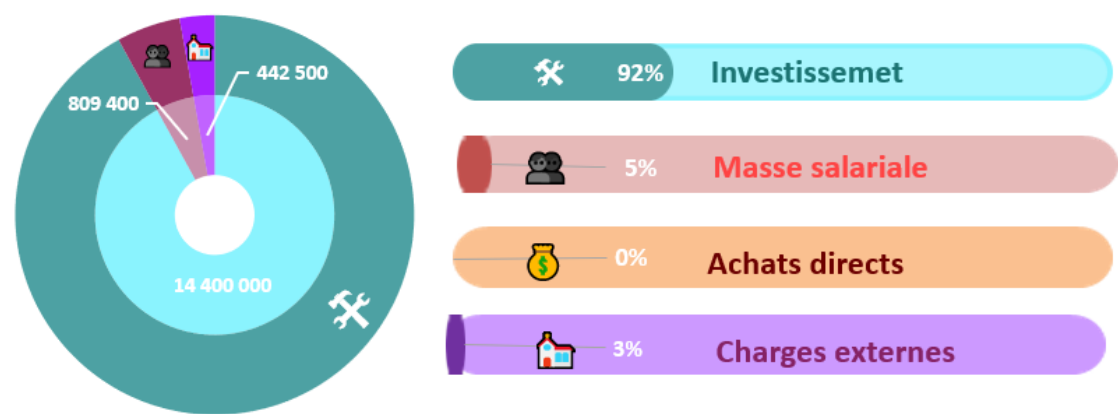


Figure 30 : Les synthèses

Tableau 19 : Évolution du Chiffre d'Affaires et de l'EBITDA

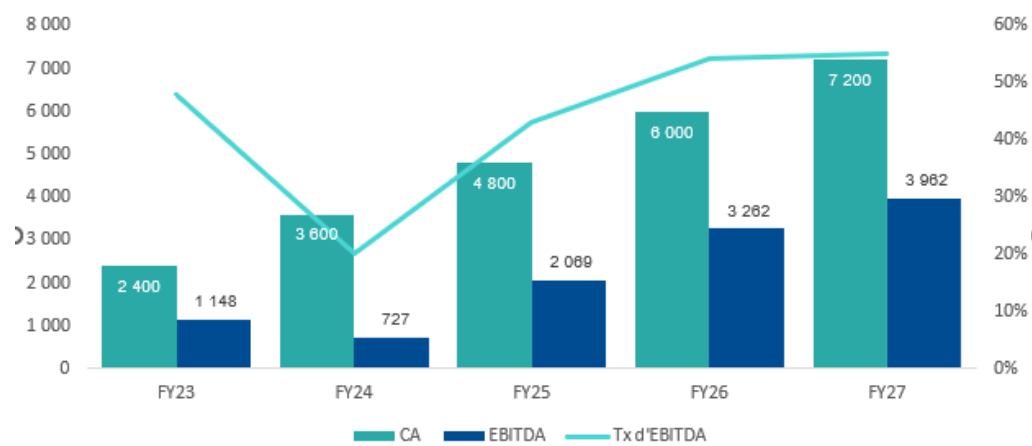


Tableau 20 : Indicateurs Clés de Performance Financière

KPI Financiers	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27
CA	2 400	3 600	4 800	6 000	7 200
EBITDA	1 148	727	2 069	3 262	3 962
Tx d'EBITDA	48%	20%	43%	54%	55%
FCF	(13 252)	(13 698)	(12 381)	(11 213)	(10 538)

5- Business Model Canvas (BMC)

Partenaires Clés :

- Pharmacies et médecins
- Fournisseurs
- Direction de la Santé et organismes compétents
- Incubateur d'entreprises et centres d'innovation universitaires
- Établissements de soutien à l'entrepreneuriat (NESDA)
- Développeur de site web

Activités Clés :

- Collecte de la matière première (la plante)
- Séchage et lavage
- Découpage et tamisage
- Ajout de conservateurs naturels
- Mise en boîte et emballage du produit fini
- Marketing et distribution
- Gestion des relations avec les clients

Proposition de Valeur :

- Produit naturel et efficace
- Produit algérien local et durable
- Prix compétitif
- Efficacité du produit sans effets secondaires
- Transparence et sensibilisation

Relations Clients :

- Prouver l'efficacité du produit
- Apparence et emballage externe
- Publication de contenu éducatif sur la nutrition et le cholestérol sur la plateforme numérique
- Services après-vente

Segments de Clients :

- Patients atteints de cholestérol
- Patients cardiaques et obèses
- Pharmacies
- Cliniques de physiothérapie
- Cliniques privées
- Magasins de vente de plantes naturelles

Ressources Clés :

- **Physiques** : Équipements et outils de laboratoire, Site industriel et point de vente, Ordinateur et équipements informatiques
- **Humaines** : Ouvriers, Spécialiste en chimie

Canaux :

- Distribution et vente
- Point de vente affilié à l'entreprise pour l'exposition et la vente
- Réseaux sociaux et site web officiel
- Garantie de livraison vers toutes les wilayas du pays

Structure des Coûts :

- Loyer, électricité, eau, gaz, Internet
- Coûts de marketing
- Coûts de collecte de la matière première
- Coûts des additifs (conservateurs naturels)
- Production et conditionnement, Distribution et transport
- Coûts des taxes

Sources de Revenus :

- Partenariats avec des cliniques et des pharmacies
- Vente du produit
- Revenus de la vente de licences

Conclusion

Cette étude exhaustive a permis une avancée scientifique tangible dans la valorisation des plantes médicinales sahariennes, transformant avec succès *Deverra scoparia* d'une simple plante traditionnelle en un produit thérapeutique étayé par des preuves scientifiques. Les résultats intégrés, couvrant les aspects botaniques, chimiques, biologiques et technologiques, ont mis en lumière les multiples facettes de cette plante prometteuse

Les résultats physico-chimiques ont révélé des valeurs précises pour la teneur en matière sèche (77%), l'humidité (23%), les lipides totaux (4%), les protéines (375 µg/g) et le pH (5,93). L'étude chromatographique a identifié 118 composés volatils dans l'huile essentielle, dominés par les monoterpènes représentant 47% du total, avec une prédominance marquée. Les analyses qualitatives ont confirmé la présence de tanins catéchiques, de flavonoïdes et de stéroïdes, tandis que l'absence de tanins galliques, de quinones libres et de saponines a été constatée. Les évaluations biologiques ont démontré une activité antioxydante avec un IC50 de 460 µg/ml, une action antibactérienne contre les bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli* avec zone d'inhibition) et à Gram positif (*Bacillus subtilis* avec zone d'inhibition de 13 mm), et une activité anti-inflammatoire exceptionnelle avec un IC50 de 6 µg/ml. L'étude a permis de développer une formulation pharmaceutique complète sous forme de gélules de 500 mg contenant 400 mg de poudre végétale, en conformité totale avec les normes de qualité internationales ISO 22000 et le système HACCP.

Ces résultats complets, alliant données physico-chimiques précises et validations biologiques rigoureuses, ouvrent des perspectives prometteuses pour des applications industrielles et cliniques. Ils établissent une approche scientifique intégrée pour la valorisation du patrimoine végétal traditionnel dans le développement de solutions thérapeutiques modernes, contribuant ainsi à la promotion de la santé publique et au développement durable des régions sahariennes. La parfaite concordance entre les usages traditionnels et les validations scientifiques confère à ce travail une valeur ajoutée significative dans le domaine de la phytothérapie.

Références bibliographiques

- [1] Médail, F., & Quézel, P. (2021). *Biodiversité végétale des zones arides nord-africaines : enjeux et conservation*. Presses Universitaires de Provence. pp. 45-67, 89-92
- [2] Le Floc'h, E., & Boulos, L. (2010). *Catalogue synonymique commenté de la Flore de Tunisie*. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. pp. 123-145
- [3] Bekkara, F., Boustie, J., Lohezic-Le Devéhat, F., & Tomasi, S. (1998). Étude phytochimique de plantes médicinales du Sahara. *Fitoterapia*, 69(3), pp. 216-226
- [4] Zaabat, N., Medjroubi, K., Akkal, S., & Smati, F. (2016). Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Deverra scoparia* Essential Oil from Algerian Sahara. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2(1), pp. 5-9
- [5] Dobignard, A., & Chatelain, C. (2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève. pp. 234-256
- [6] Véla, E., & Benhouhou, S. (2018). *Guide de la flore des montagnes de l'Algérie du Nord*. Société Alpine de Publications. pp. 78-95
- [7] Battandier, J. A., & Trabut, L. (2015). *Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie*. Reprint Éditions. pp. 167-189
- [8] Toumi, K., Boutefnouchet, A., Gherib, M., & Boudjema, S. (2020). Antibacterial and antioxidant activities of *Deverra scoparia* essential oil from the Algerian Sahara. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(5), pp. 1156-1160
- [9] B.I.P.E.A. (1976). *Méthodes d'analyse des composants nutritionnels*. Bureau Interprofessionnel d'Études Analytiques. pp. 12-15, 34-38
- [10] AOAC International. (2023). *Official Methods of Analysis* (22nd ed.). pp. 45-48
- [11] ISO 665:2020. *Oilseeds - Determination of moisture and volatile matter content*. Organisation Internationale de Normalisation. pp. 8-11
- [12] Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Springer. pp. 89-104
- [13] Azmir, J., et al. (2019). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), pp. 428-432
- [14] Christie, W. W., & Han, X. (2021). *Lipid Analysis: Isolation, Separation, Identification and Lipidomic Analysis* (5th ed.). The Oily Press. pp. 156-178
- [15] Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, pp. 268-270

- [16] Peterson, G. L. (1979). Review of the Folin phenol protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall. *Analytical Biochemistry*, 100(2), pp. 205-210
- [17] Waterborg, J. H. (2009). The Lowry Method for Protein Quantitation. In J. M. Walker (Ed.), *The Protein Protocols Handbook* (3rd ed., pp. 7-10).
- [18] ISO 10523:2022. *Water quality - Determination of pH*. Organisation Internationale de Normalisation. pp. 6-9

[19] AFNOR. (2021). *Plantes médicinales et extraits de plantes - Critères généraux de qualité* (NF V09-100). Association Française de Normalisation

ion. pp. 23-27

- [20] Bruneton, J. (2023). *Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales* (6e éd.). Lavoisier. pp. 345-367, 489-512
- [21] Conseil de l'Europe. (2024). *Pharmacopée Européenne* (12ème éd.). pp. 1567-1570
- [22] Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., & Pouységu, L. (2011). Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), pp. 590-595
- [23] Fraga-Corral, M., et al. (2020). Traditional applications of tannins in specialty foods. *Food Chemistry*, 321, pp. 128-130
- [24] Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), pp. 485-490
- [25] Williams, R. J., Spencer, J. P. E., & Rice-Evans, C. (2004). Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? *Free Radical Biology and Medicine*, 36(7), pp. 840-843
- [26] Bringmann, G., Rüdenauer, S., Irmer, A., Bruhn, T., & Gulder, T. (2000). Quinones: Structure, Biogenesis and Functions. *Natural Product Reports*, 17(3), pp. 241-260.
- [27] Mahato, S. B., & Garai, S. (2021). Advances in Steroid Research. *Natural Product Reports*, 38(2), pp. 305-332.
- [28] Guclu-Ustundag, O., & Mazza, G. (2007). Saponins: properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 231-258.

- [29] AFNOR. (2019). *Huiles essentielles - Dosage des composés phénoliques* (NF T75-421). Association Française de Normalisation. pp. 8-12
- [30] Chemat, F., et al. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. *Green Chemistry*, 22(8), 2325-2353.
- [31] Tisserand, R., & Young, R. (2023). *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals* (3rd ed.). Elsevier. pp. 89-104, 234-245
- [32] Do, T. K. T., Hadji-Minaglou, F., Antonioti, S., & Fernandez, X. (2015). Authenticity of Essential Oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 66, 146-157.
- [33] Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2022). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications* (3rd ed.). CRC Press. pp. 167-189, 345-356
- [34] Adams, R. P. (2023). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry* (5th ed.). Allured Publishing. pp. 45-67
- [35] Babushok, V. I. (2015). Chromatographic Retention Indices in Identification of Chemical Compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 69, 98-104.
- [36] Mishra, K., Ojha, H., & Chaudhury, N. K. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(4), 1036-1043.
- [37] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28*(1), 25-30.
- [38] Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- [39] Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- [40] Rahal, D., et al. (2022). Antimicrobial activity of Algerian medicinal plants against multi-resistant bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 285, 114-125.
- [41] Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), pp. 230-235
- [42] Clinical and Laboratory Standards Institute. (2018). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (28th ed.). CLSI supplement M100. p. 45-50
- [43] Williams, L. A. D., O'Connar, A., Latore, L., Dennis, O., Ringer, S., Whittaker, J. A., Conrad, J., Vogler, B., Rosner, H., & Kraus, W. (2008). The in vitro anti-denaturation effects induced by natural products and non-steroidal compounds in heat treated

(immunogenic) bovine serum albumin is proposed as a screening assay for the detection of anti-inflammatory compounds, without the use of animals, in the early stages of the drug discovery process. *West Indian Medical Journal*, 57(4), 327-331.

[44] Habibur, R., Suman, K., & Guatam, L. (2012). In-vitro anti-inflammatory activity of *Aegle marmelos* L. by membrane stabilization method. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 2(11), 1-4.

[45] Organisation mondiale de la Santé. (2023). *Rapport mondial sur l'hypercholestérolémie et les maladies cardiovasculaires*. OMS. pp. 34-45

[46] Vance, D. E., & Vance, J. E. (2022). *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes* (7th ed.). Elsevier. pp. 123-145, 267-289

[47] Evans, W. C. (2023). *Trease and Evans' Pharmacognosy* (17th ed.). Elsevier. pp. 456-478

[48] Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L. (2023). *Biochemistry* (10th ed.). W.H. Freeman. pp. 234-256

[49] Rosenson, R. S., & Brewer, H. B. (2022). *Lipoprotein Metabolism and Atherogenesis*. Elsevier. pp. 89-104

[50] Holick, M. F. (2020). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 383(8), 617-628.

[51] Libby, P., Buring, J. E., Badimon, L., Hansson, G. K., Deanfield, J., Bittencourt, M. S., Tokgözoğlu, L., & Lewis, E. F. (2023). Atherosclerosis. *Nature Reviews Disease Primers*, 9, 58.

[52] Rader, D. J., & Hovingh, G. K. (2019). HDL and cardiovascular disease. *The Lancet*, 394(10215), 2112-2115.

[53] Lusis, A. J. (2020). Atherosclerosis. *Nature*, 583(7817), pp. 511-513

[54] Ross, R. (1999). Atherosclerosis — An Inflammatory Disease. *New England Journal of Medicine*, 340(2), pp. 118-120

[55] Falk, E., Nakano, M., Bentzon, J. F., Finn, A. V., & Virmani, R. (2013). Update on acute coronary syndromes: The pathologists' view. *European Heart Journal*, 34(10), pp. 722-725

[56] Ried, K., Frank, O. R., & Stocks, N. P. (2013). Dark chocolate or tomato extract for prehypertension: a randomised controlled trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 328.

[57] Szapary, P. O., Bloedon, L. T., & Foster, G. D. (2003). The effects of flaxseed supplementation on plasma lipids and lipoproteins in hypercholesterolemic subjects. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(1), 55-62.

- [58] UNESCO. (2022). *Rapport sur les savoirs traditionnels et la sécurité alimentaire*. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. pp. 45-56
- [59] Mach, F., Baigent, C., Catapano, A. L., Koskinas, K. C., Casula, M., Badimon, L., Chapman, M. J., De Backer, G. G., Delgado, V., Ference, B. A., Graham, I. M., Halliday, A., Landmesser, U., Mihaylova, B., Pedersen, T. R., Riccardi, G., Richter, D. J., Sabatine, M. S., Taskinen, M. R., ... Wiklund, O. (2023). 2023 ESC Guidelines for the management of dyslipidaemias. *European Heart Journal*, 44(39), 4045–4140.
- [60] Cicero, A. F. G., & Colletti, A. (2022). Nutraceuticals and lipid metabolism: Current evidence and future perspectives. *Current Opinion in Pharmacology*, 62, pp. 76-79
- [61] EFSA. (2022). *Safety and efficacy of plant-based food supplements* (EFSA Journal 20(3)). Autorité Européenne de Sécurité des Aliments. pp. 12-15
- [62] World Health Organization. (2023). *Healthy diet: updated guidelines for adults*. WHO. pp. 23-27
- [63] Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 177.
- [64] Codex Alimentarius. (2023). *General Principles of Food Hygiene* (CXC 1-1969). FAO/OMS. pp. 8-12

Annex

Figure 31: Business Model Canvas (BMC)

الشراكات الرئيسية Partenaires Clés : -Pharmacies et médecins Fournisseurs -Direction de la Santé et organismes compétents -Incubateur d'entreprises et centres d'innovation universitaires -Établissements de soutien à l'entrepreneuriat (NESDA) -Développeur de site web	الأنشطة الرئيسية Activités Clés : -Collecte de la matière première (la plante) -Séchage et lavage -Découpage et tamisage -Ajout de conservateurs naturels -Mise en capsules, boîte et emballage du produit fini -Marketing et distribution -Gestion des relations avec les clients الموارد الرئيسية Ressources Clés -Physiques : Équipements et outils de laboratoire, Site industriel et point de vente, Ordinateur et équipements informatiques -Humaines : Ouvriers, Spécialiste en chimie Financière ; ACF, fonds propres et investissement.	القيم المقترحة Proposition de Valeur : -Produit naturel et efficace -Produit algérien local et durable -Prix compétitif -Efficacité du produit sans effets secondaires -Transparence et sensibilisation	العلاقات مع العملاء Relations Clients : -Prouver l'efficacité du produit -Apparence et emballage externe -Publication de contenu éducatif sur la nutrition et le cholestérol sur la plateforme numérique -Services après-vente القنوات Canaux -Distribution et vente -Point de vente affilié à l'entreprise pour l'exposition et la vente -Réseaux sociaux et site web officiel -Garantie de livraison vers toutes les wilayas du pays	شرائح العملاء Segments de Clients : -Patients atteints de cholestérol -Patients cardiaques et obèses -Pharmacies -Cliniques de physiothérapie -Cliniques privées -Magasins de vente de plantes naturelles -
هيكل التكاليف Structure des Coûts -Loyer, électricité, eau, gaz, Internet -Coûts de marketing -Coûts de collecte de la matière première -Coûts des additifs (conservateurs naturels) -Production et conditionnement, Distribution et transport -Coûts des taxes	مصادر الإيرادات Sources de Revenus -Partenariats avec des cliniques et des pharmacies -Vente du produit -Revenus de la vente de licences			

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم-
كلية العلوم الدقيقة والإعلام الآلي

تصريح شرقي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية
لإنجاز البحث

أنا المضي أدناه،

الطالب (ة): رقم التسجيل الجامعي: 34517528
الحامل لبطاقة التعرف الوطنية رقم: 1881981988..... والصادرة بتاريخ: 28/11/2018
عن سبلمية بشي الهلتي - تبسة .
المسجل ب: كلية العلوم الدقيقة والإعلام الآلي / قسم: علوم الحاسوب
شعبة: / التخصص: / التطبيقية

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان: مؤسمة نائفة
إنتاج مهمل عند أي علة، الأليست بـ صحت بارتطبك

أصبح بشرفي أني ألتزم بمراجعة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 28/11/2018

إمضاء المعني

