Introduction générale

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministre de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi-Tebessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie appliquée

N° d'ordre : ……
N° de série : ……

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Sciences biologiques
Option : pharmacotoxicologie

Thème :

Etude ethno-pharmacologique et phytochimique des plantes du genre *Anchusa* de la famille des *Boraginaceae*

Présenté et soutenu par : Aya MESSAI
Ayoub Gudri

Devant le jury composé de :

Président : Pr.Chafika RAZKALLA	**Pr**	**Université Larbi Tebessi-Tebessa**
Promotrice : Dr. Nadia DJERMANE	**MCA**	**Université Larbi Tebessi-Tebessa**
Examinateur : Dr. Chahinez TAIB	**MCB**	**Université Larbi Tebessi-Tebessa**

Année universitaire : 2024/ 2025

REMERCIEMENT

Nous exprimons notre profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, pour la force, la volonté, la patience et la détermination qu'Il nous a accordées, ainsi que pour Sa guidance tout au long de ce travail.

Nous remercions sincèrement notre encadrante, Madame ***Nadia Djermane****, pour avoir accepté de nous accompagner, pour son suivi attentif, son soutien précieux et ses conseils éclairés durant la réalisation de ce mémoire.*

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer notre travail avec bienveillance.

Nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont accueillis, aidés ou soutenus de près ou de loin tout au long de ce parcours. Leur contribution a été précieuse à l'aboutissement de ce modeste travail.

DÉDICACES

À Toi, Allah, le Miséricordieux, le Tout-Puissant,

Pour Ta lumière infinie qui éclaire mon chemin.

C'est par Ta volonté que j'ai trouvé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien cette quête de savoir.

Je dédie ce travail à ceux qui m'ont donné la vie et m'ont transmis l'amour de la science et de la vérité :

Azzeddine et Mabrouka Grari , mes parents bien-aimés.

Par votre amour, votre sagesse et vos prières, vous m'avez guidé(e) à travers toutes les épreuves.

Que Dieu vous bénisse et vous protège pour l'éternité.

À mes chers frères, ***Ritedj*** *et* ***Nejm Eddine,*** *témoins de mes joies et de mes peines, dont la présence constante a embelli mon parcours.*

Que la paix d'Allah repose sur vos cœurs.

À ma seconde famille, ***Louabdia Boujemaa****,* ***Auabdia Saliha*** *et* ***Badr Eddine,***

Qui, tels des étoiles dans la nuit, ont illuminé mon chemin par leurs prières, leur affection et leur soutien indéfectible.

Que Dieu vous accorde une vie longue et bénie.

ملخص

ينتمي جنس Anchusa إلى عائلة Boraginaceae، ويشمل عدة أنواع طبية تُستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي لعلاج الالتهابات، والجروح، ومختلف الأمراض الجلدية. يقدّم هذا العمل خلاصةً ببيليوغرافية معمقة للبيانات الفيتوكيميائية والدوائية المتوفرة حول عدة أنواع من هذا الجنس، لاسيما Anchusa officinalis، A. Azurea، و A. Strigosa. أظهرت المستخلصات المستخرجة من أجزاء مختلفة من النبات (الجذور، الأوراق، الأزهار)، باستخدام مذيبات قطبية مثل الميثانول والإيثانول، احتواءها على عدد كبير من المركّبات الثانوية النشطة بيولوجياً، بما في ذلك الفينولات، والفلافونويدات، والأحماض العضوية، والقلويدات. وتُعزى الخصائص المضادة للأكسدة القوية لهذه المستخلصات إلى غناها بالبوليفينولات والفلافونويدات.كما أظهرت الدراسات التي تم جمعها وجود نشاط مضاد للميكروبات يختلف حسب نوع النبات، ونوع المستخلص، والكائن الحي المستهدف، حيث سُجّل أعلى نشاط في مستخلصات الأوراق الميثانولية. من جهة أخرى، كشفت أبحاث حديثة عن قدرة مستخلصات Anchusa على تثبيط عدد من الإنزيمات الرئيسية المرتبطة بالأمراض المزمنة. ومن بين الأنشطة التي تم تقييمها: تثبيط إنزيم α-غلوكوزيداز، وتثبيط الأسيتيل كولينستيراز، والبوتيريل كولينستيراز، والتيروزيناز، بالإضافة إلى تثبيط إنزيم الألفا-أميلاز والليباز، ما يبرز إمكانيات علاجية واعدة .تشير هذه النتائج إلى أن أنواع Anchusa قد تشكل مصدراً طبيعياً واعداً لمثبطات الإنزيمات القابلة للاستعمال في الوقاية أو العلاج من الأمراض الأيضية، والعصبية التنكسية، والجلدية. ومع ذلك، فقد تم الإبلاغ عن تأثيرات سمية خلوية بجرعات مرتفعة، خصوصاً في مستخلصات الجذور، مما يؤكد على ضرورة تحديد شروط استخدام دقيقة لضمان سلامة التطبيق العلاجي.

الكلمات المفتاحية: Boraginaceae : Anchusa، التركيب الفيتوكيميائي، الأنشطة الدوائية.

Abstract

The genus *Anchusa*, belonging to the Boraginaceae family, includes several medicinal species widely used in traditional medicine for the treatment of inflammation, wounds, and various dermatological conditions. This thesis presents an in-depth bibliographic synthesis of the available phytochemical and pharmacological data on different species of the genus, notably *Anchusa officinalis*, *A. azurea*, and *A. strigosa*. Extracts obtained from various parts of the plant (roots, leaves, flowers), primarily using polar solvents such as methanol and ethanol, have revealed the presence of numerous bioactive secondary metabolites, including phenols, flavonoids, organic acids, and alkaloids. These compounds contribute to the strong antioxidant activity of the extracts, directly linked to their high polyphenol and flavonoid content. Moreover, the reviewed studies report variable antimicrobial activity depending on the species, type of extract, and targeted microorganism, with particularly marked effectiveness observed in methanolic leaf extracts. Other recent studies have also highlighted the inhibitory effects of *Anchusa* extracts on several key enzymes involved in chronic diseases. Activities such as inhibition of α-glucosidase, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, tyrosinase, α-amylase, and lipase have been evaluated, demonstrating promising pharmacological potential. These findings suggest that species of the *Anchusa* genus could serve as a natural source of enzyme inhibitors, useful for the prevention or treatment of metabolic, neurodegenerative, or dermatological diseases. However, cytotoxic effects have been reported at high doses, especially in root extracts, highlighting the importance of rigorously defining usage conditions to ensure safe therapeutic applications.

Keywords : *Boraginaceae*, *Anchusa*, phytochemical composition, pharmacological activities.

Résumé

Le genre Anchusa, appartenant à la famille des Boraginaceae, comprend plusieurs espèces médicinales largement utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement des inflammations, des plaies et diverses affections dermatologiques. Ce travail de mémoire présente une synthèse bibliographique approfondie des données phytochimiques et pharmacologiques disponibles sur différentes espèces du genre, notamment Anchusa officinalis, A. azurea et A. strigosa. Les extraits, obtenus à partir des différentes parties de la plante (racines, feuilles, fleurs) en utilisant principalement des solvants polaires tels que le méthanol et l'éthanol, ont révélé la présence de nombreux métabolites secondaires bioactifs, incluant des phénols, flavonoïdes, acides organiques et alcaloïdes. Ces composés confèrent aux extraits une forte activité antioxydante, en lien direct avec leur richesse en polyphénols et flavonoïdes. Par ailleurs, les études recensées font état d'une activité antimicrobienne variable selon l'espèce, le type d'extrait et le microorganisme ciblé, avec une efficacité particulièrement marquée pour les extraits méthanoliques issus des feuilles. D'autres travaux récents ont également mis en évidence l'effet inhibiteur des extraits d'Anchusa sur plusieurs enzymes clés impliquées dans des pathologies chroniques. Ainsi, des activités telles que l'inhibition de l'α-glucosidase, de l'acétylcholinestérase, de la butyrylcholinestérase, de la tyrosinase, de l'α-amylase et de la lipase ont été évaluées, montrant un potentiel pharmacologique prometteur. Ces résultats suggèrent que les espèces du genre Anchusa pourraient constituer une source naturelle d'inhibiteurs enzymatiques exploitables pour la prévention ou le traitement de maladies métaboliques, neurodégénératives ou dermatologiques. Toutefois, des effets cytotoxiques ont été signalés à fortes doses, notamment dans les extraits racinaires, ce qui souligne l'importance de définir .rigoureusement les conditions d'usage pour garantir une application thérapeutique sûre

Mots-clés : Boraginaceae, Anchusa, composition phytochimique, activités .pharmacologiques

Sommaire

REMERCIEMEN

DÉDICACES

Résumé

Abstract

الملخص

LISTE DES TABLEAUX

LISTES DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

Introduction Générale 14

Chapitre I : Analyse botanique du genre Anchusa

I.1.Les plantes médicinales 17

I.1.1. Historique 17

I.1.2. Définition 18

I.1.3. Origine des plantes médicinales 18

I.3.4.Formes d'emploi des plantes médicinales 19

I.2. La phytothérapie 20

I.2.1. Définition 20

I.2.2. Types de phytothérapie 20

I.2.2.1. La phytothérapie traditionnelle 20

I.2.2.2. La phytothérapie clinique 21

I.2.2.3. La phytothérapie moderne 21

I.2.3. Avantage de la phytothérapie 21

I.2.4. Inconvénients de la phytothérapie 21

I.2.4. Domaine d'application des plantes médicinales 22

I.2.4.1. Utilisation en phytothérapie 22

I.3.La famille des Boraginacée 24

I.3.1. Description botanique 24

I.3.2. Répartition géographique 26

I.3.3. Position systématique 26

I.3.4. Les plantes appartenant à la famille des Boraginacées 27

I.3.5. Utilisations des plantes de la famille des Boragenaceae 27

I.3.5.1. Utilisations thérapeutiques 27

I.3.5.2. Utilisations économiques 28

I.3.6. Toxicité des plantes de la famille des Boraginacées 29
I.4. Le genre Anchusa 30
I.4.1. Historique du genre Anchusa 30
I.4.2. Présentation du genre Anchusa 31
I.4.2.3. Position systématique 35
I.4.2.5. Toxicité du genre Anchusa 36
CHAPITRE II Analyse chimique des espèces du genre Anchusa
II.1. Introduction 33
II.2. Les métabolites primaires du genre Anchusa 33
II.3.Les métabolites secondaires du genre Anchusa 35
II.3.1. Les composés phénoliques 35
II.3.2. Les flavonoïdes 36
II.3.3. Les polyphénols totaux 38
II.3.4. Les terpènes 39
II.3.5. Les alcaloïdes 39
II.3.6/Les huiles essentielles 40
II.3.7. Les tanins 40
II.3.8. Les saponines 41
II.3.9. Les glucosides cyanogénétiques 41
II.4. Synthèse comparative des métabolites secondaires identifiés dans différentes espèces du genre Anchusa 42
Chapitre III : **Analyse pharmacologique des espèces du genre Anchusa**
III.1. Introduction 44
III.2. Activités pharmacologiques rapportées chez le genre de Anchusa 44
III.2.1. Activité Antimicrobienne 44
III.2.2. Activité antioxydante 46
III.2.3. Activité cytotoxique 48
III.2.4. Activité enzymatique 48
Conclusion générale 53
Référence bibliographique

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	Diferentes formes d'emplois des plantes médicinales	**18**
Tableau 02	Utilisation de quelques plantes médicinales en phytothérapie	**21**
Tableau 03	Utilisation de quelques plantes médicinales en industrie	**22**
Tableau 04	Classification systématique de la famille Boraginacée Cronquist 1981	**25**
Tableau05	Intérêt thérapeutique de quelques espèces de la famille Boragenaceae	**26**
Tableau 06	Intérêt économique de quelques espèces de la famille Boragenaceae	**27**
Tableau 07	Exemples de la toxicité des plantes appartenant a la de famille borraginacée	**28**
Tableau 08	Description botanique des especes du genre Anchusa	**30**
Tableau 09	Position systématique du genre Anchusa (Cronquist, 1981)	**32**
Tableau 10	Utilisations des espèces du genre Anchusa	**33**
Tableau 11	La teneur en métabolites primaires (mg/g) des espèces Anchusa	**34**
Tableau 12	Études sur les composés phénoliques identifiés chez différentes espèces d'Anchusa.	**35**
Tableau 13	Flavonoïdes identifiés dans différentes espèces du genre Anchusa.	**36**
Tableau 14	Contenu en polyphénols totaux dans quelques espèces du genre Anchusa	**38**
Tableau 15	Principaux terpènes identifiés dans les espèces du genre Anchusa	**38**
Tableau 16	Les alcaloïdes dans le genre Anchusa	**39**
Tableau 17	Composition des huiles essentielles dans les espèces du genre Anchusa	**39**
Tableau 18	Composition des tanins dans les espèces du genre Anchusa	**40**
Tableau 19	Composition des saponines dans les espèces du genre Anchusa	**40**
Tableau 20	Composition des glucosides cyanogénétiques dans les espèces du genre Anchusa	**41**
Tableau 21	Activité antibactérienne des extraits des espèces étudiées du genre Anchusa	**45**
Tableau 22	L'activité antioxydante de plantes de genre Anchusa	**47**
Tableau 23	Activité cytotoxique des différents extraits de l'espèce A. officinalis	**48**
Tableau24	Activité enzymatique des extraits de différentes espèces d'Anchusa	**49**

LISTES DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Représentation photographique de quelques especes de la famille Boragenaceae	**24**
Figure 02	Carte de répartition géographique la famille Boraginacée	**24**
Figure 03	Distribution des espèces du genre Anchusa dans le monde	**32**

LISTE DES ABREVIATIONS

GC–MS	Chromatographie en phase gazeuse
LC–MS :	Chromatographie en phase liquide
HPLC	Chromatographie liquide à haute performance
RMN	Résonance magnétique nucléaire.
UV–Vis :	Spectroscopie ultraviolette-visible
IR	Spectroscopie infrarouge
F–C	Réactif de Folin–Ciocalteu
TPC	Teneur totale en composés phénoliques
TFC	Teneur totale en flavonoïdes
SC–CO_2	Dioxyde de carbone supercritique
PA	Alcaloïdes pyrrolizidiniques
Soxh	Extraction par Soxhlet – Soxhlet Extraction
UAE	Extraction assistée par ultrasons – Ultrasound-Assisted Extraction
MAE	Extraction assistée par micro-ondes – Microwave-Assisted Extraction
Na_2SO_4	Sulfate de sodium anhydre – Anhydrous Sodium Sulfate
CCM	Chromatographie sur couche mince
mg/mL	Milligramme par millilitre
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
IC50	La concentration inhibitrice médiane
RT	Température ambiante
EEtOH	Extrait éthanolique
EEAcE	Extrait d'Acétate
EChl	Extrait chloroformique
EHex	Extrait hexanique
EMeOH	Extrait méthanolique
EAc	Extrait acétonique
EH2o	Extrait aqueux
Epet	Extrait pétroléique
Eam	Extrait amracinique

Introduction générale

Introduction Générale

Depuis des millénaires, l'humanité a su exploiter les ressources naturelles de son environnement pour prévenir et traiter diverses maladies **(Lee, 2004).**

Actuellement, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 81 % de la population mondiale a recours aux préparations traditionnelles à base de plantes dans le cadre des soins de santé primaires **(WHO, 2015).** Ces remèdes traditionnels se présentent sous différentes formes : tisanes, huiles essentielles, gélules, etc.

L'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques est attestée dans les littératures antiques arabes, chinoises, égyptiennes, hindoues, grecques et romaines **(Anonyme, 1974).**

En Afrique, les vertus médicinales des plantes étaient connues de façon empirique par nos ancêtres et nos parents. Aujourd'hui, les produits d'origine naturelle occupent une place de plus en plus importante dans les industries pharmaceutique et agronomique, notamment parce que certains produits issus de la synthèse organique nécessitent une surveillance étroite en raison de leurs effets secondaires.

Afin de justifier scientifiquement l'utilisation traditionnelle des plantes médicinales **(Nacoulma, 1996),** de nombreuses investigations phytochimiques ont été menées. Selon plusieurs auteurs, les composés naturels se distinguent par leur grande diversité structurelle et par un large éventail d'activités biologiques **(Rollinger et al., 2004).** Parmi ces activités, les propriétés antimicrobiennes sont reconnues depuis l'Antiquité pour lutter contre les infections résistantes aux antibiotiques, notamment grâce à la phytothérapie et à l'aromathérapie **(OMS, 2015).**

Dans notre synthèse, nous nous intéressons au genre Anchusa, qui appartient à la famille des *Boraginaceae*. Cette famille comprend des genres d'arbres répartis dans les zones tropicales et subtropicales, tandis que les genres herbacés sont présents dans le monde entier, avec une abondance particulière dans la région méditerranéenne et en Asie tempérée chaude **(Heywood et al., 2007).**

Anchusa est l'un des plus grands genres de la tribu et comprend environ 40 taxons. Plusieurs espèces de ce genre sont utilisées en médecine populaire comme analgésiques, sédatives, émollientes, diurétiques, sudorifiques, expectorantes et hypotensives dans de nombreux pays **(Koz O et al., 2009).** Toutefois, l'insuffisance de données expérimentales exige une investigation scientifique détaillée des aspects botaniques, de la composition chimique et des activités pharmacologiques des espèces appartenant à ce genre.

L'objectif de cette recherche est d'apporter une meilleure compréhension des propriétés médicinales de ces espèces, ce qui pourrait, à terme, aboutir au développement de nouveaux agents thérapeutiques.

Notre étude est structurée en trois chapitres :

Le premier chapitre propose une analyse botanique du genre Anchusa ;

Le deuxième chapitre présente une synthèse bibliographique des principaux constituants chimiques des espèces du genre *Anchusa* ;

Le troisième chapitre explore les activités biologiques des espèces du genre Anchusa étudiées ;

Enfin, ce travail sera clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I :
Analyse botanique du genre Anchusa

I.1.Les plantes médicinales

I.1.1. Historique

Les plantes médicinales sont des végétaux utilisés dans la médecine traditionnelle, dont au moins une partie (feuille, racine, fleur, écorce, etc.) possède des propriétés thérapeutiques **(Clément, 2005).**

L'utilisation des plantes à des fins médicinales remonte à des millénaires. Selon les sources historiques, leur usage thérapeutique est attesté dès 4000 à 5000 ans avant J.-C. Le plus ancien document médical connu est une tablette d'argile sumérienne, vieille de 4000 ans, sur laquelle sont gravés des textes décrivant des remèdes à base de plantes pour traiter diverses maladies **(Hossenzadeh et al., 2015).**

Les premières traces écrites d'usages médicinaux des plantes proviennent de civilisations anciennes telles que la Chine, la Mésopotamie, l'Égypte et l'Inde. L'une des plus anciennes pharmacopées connues est une tablette cunéiforme découverte à Nippour (Mésopotamie), datée de la fin du troisième millénaire avant notre ère. Elle mentionne une demi-douzaine de remèdes, principalement issus du règne végétal, dont le pavot, utilisé à la fois comme aliment, médicament, plante rituelle et psychotrope **(Néron, 1952).**

Au Moyen Âge, la médecine arabe connaît un véritable essor, marqué par l'âge d'or de l'herboristerie. À travers leurs conquêtes, les Arabes enrichissent leur savoir en intégrant l'héritage thérapeutique des civilisations grecque, latine, assyrienne, hébraïque et perse **(Néron, 1952).**

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), entre 14 % et 28 % des plantes recensées dans le monde sont utilisées à des fins médicinales. Des études menées au début du XXIe siècle révèlent que 3 à 5 % des patients dans les pays occidentaux, 80 % des populations rurales des pays en développement et 85 % des habitants d'Afrique subsaharienne ont recours aux plantes médicinales comme forme principale de traitement **(OMS, 2002 ; Stefano et al., 2002).**

Malgré les progrès de la pharmacologie moderne, l'usage thérapeutique des plantes demeure largement répandu, notamment dans les pays en développement Sur les quelque 300 000 espèces végétales recensées dans le monde **(Hamel et al., 2018).**

Plus de 200 000 se trouvent dans les zones tropicales d'Afrique, et bon nombre d'entre elles possèdent des propriétés médicinales **(Millogo et al., 2005).**

L'Algérie, pays africain au climat diversifié et riche en biodiversité, constitue un véritable réservoir de plantes médicinales. On y recense environ 4 000 espèces, regroupées en 917 genres et 131 familles botaniques **(Belhouala et Benarba, 2021).** Toutefois, ce patrimoine végétal reste encore insuffisamment exploité : seules 146 espèces sont actuellement reconnues comme ayant un usage médical avéré. L'étude de la médecine traditionnelle et de la phytothérapie en Algérie représente ainsi un domaine de recherche prometteur **(Hamel et al., 2018).**

I.1.2. Définition

Les plantes médicinales sont des végétaux utilisés en médecine traditionnelle, dont une ou plusieurs parties (feuilles, racines, fleurs, écorce, etc.) possèdent des propriétés thérapeutiques. Leurs effets bénéfiques résultent des composés chimiques qu'elles contiennent, qu'il s'agisse de métabolites primaires (comme les sucres ou les acides aminés), de métabolites secondaires (tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tanins ou huiles essentielles), ou encore de la synergie entre ces différents constituants **(Sanago, 2006).**

I.1.3. Origine des plantes médicinales

Les plantes médicinales se distinguent principalement par deux origines : les plantes spontanées, également appelées plantes sauvages ou de cueillette, et les plantes cultivées **(Chabrier, 2010).**

I.1.3.1. Les plantes médicinales sauvages

Cette catégorie de plantes fait partie des plus anciennement utilisées par l'humanité et représente encore aujourd'hui une part significative du marché mondial des plantes médicinales. Leur répartition géographique et leur développement dépendent de plusieurs facteurs, notamment le type de sol et, surtout, le climat. En effet, ces plantes sont sensibles à des paramètres écologiques tels que la température, la latitude, l'altitude, ainsi que la composition chimique du sol. Ces conditions édaphiques influencent non seulement leur croissance, mais aussi la concentration et la diversité de leurs composés actifs, faisant de ces plantes de véritables réservoirs de spécificités génétiques **(Chabrier, 2010).**

I.1.3.2. Les plantes médicinales cultivées

La culture des plantes médicinales repose sur des techniques agricoles standardisées permettant d'obtenir des matières premières de qualité constante, en quantité suffisante et homogène. Cette approche assure une meilleure maîtrise des conditions de croissance, ce qui se traduit par une plus grande fiabilité des substances actives extraites. De plus, la culture de ces plantes s'inscrit dans le respect des directives établies par l'Organisation mondiale de la

santé (OMS) en matière de bonnes pratiques agricoles et de récolte. Ces normes visent à garantir l'innocuité, la qualité et l'efficacité des plantes médicinales utilisées à des fins thérapeutiques **(OMS, 2003).**

I.3.4.Formes d'emploi des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés bénéfiques sur la santé humaine. Elles peuvent être préparées selon différentes méthodes, notamment par décoction, macération ou infusion. Selon les espèces, une ou plusieurs parties de la plante peuvent être employées, telles que les racines, les feuilles ou les fleurs **(Dutertre, 2011).**

Tableau 1 : Différentes formes d'emplois des plantes médicinales

Méthode	Définition	Référence
Macération	La macération consiste à exposer le médicament à un solvant (eau froide, alcool, etc.) à température ambiante, pendant une durée allant de 30 minutes à 48 heures. Pour les tisanes, le solvant utilisé est l'eau. Cette méthode permet une extraction douce des principes actifs, particulièrement adaptée aux composés sensibles à la chaleur. Il est donc important de bien choisir le solvant en fonction de la plante utilisée.	**Kermia et al., 2020 ; Nogaret-Ehrhart, 2011**
Infusion	L'infusion consiste à verser de l'eau bouillante sur la plante, à couvrir le récipient, puis à laisser reposer entre 2 et 15 minutes, jusqu'au refroidissement. Ce mode de préparation est particulièrement adapté aux parties fragiles de la plante, telles que les fleurs et les feuilles.	**Terniche et Tahanout,2018**
Decoction	La décoction consiste à faire bouillir des parties dures de plantes (racines, écorce, tiges, etc.) dans de l'eau froide portée à ébullition pendant 15 à 30 minutes. Cette méthode permet d'extraire les principes actifs difficiles à libérer par infusion. Le décocté peut être conservé jusqu'à trois jours au réfrigérateur.	**Nogaret-Ehrhart, 2011**
Digestion	La digestion consiste à maintenir la drogue en contact avec de l'eau à une température comprise entre la température ambiante et celle de l'ébullition, généralement pendant 1 à 15 heures. Par exemple, une digestion peut être réalisée à 60 °C.	**Le Hir et Brossard, 2009**
Lixiviation	La lixiviation, ou percolation, est une méthode d'extraction partielle par dissolution, particulièrement adaptée aux substances coûteuses ou aux principes actifs sensibles à la chaleur. Elle repose sur le passage continu d'un solvant à travers un lit fixe de matière végétale, de haut en bas, permettant ainsi une extraction progressive des composants solubles.	**Manousi et al, 2019.**

L'extraction au soxhlet	L'extraction au Soxhlet est une méthode moderne d'extraction qui consiste à faire circuler à plusieurs reprises le même solvant sur la substance à extraire, à l'aide d'un appareil spécialisé appelé extracteur Soxhlet.	**Singh 2021**

I.2. La phytothérapie

I.2.1. Définition

Le mot phytothérapie provient de deux racines grecques : phyton, qui signifie « plante », et therapeia, qui signifie « soin » ou « traitement » **(Chabrier, 2010).**

La phytothérapie peut être définie comme une discipline médicale consistant à prévenir et traiter certains troubles fonctionnels ou pathologiques à l'aide de plantes, de parties de plantes ou de préparations végétales. Ces dernières peuvent être administrées par voie interne (infusions, décoctions, extraits, gélules) ou externe (pommades, cataplasmes, huiles) **(Hamoussa et al., 2022).**

Selon **Beloued (2001),** la phytothérapie est « la science des plantes médicinales ou la médication par les plantes. Elle constitue l'une des sources de traitement des maladies, fondée sur l'observation, et dont l'analyse scientifique vient aujourd'hui confirmer l'efficacité observée depuis des millénaires ».

Diverses plantes sont utilisées pour soulager ou traiter une grande variété de troubles de santé. Elles peuvent être employées seules ou en complément d'un traitement médical conventionnel.D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la phytothérapie représente aujourd'hui l'un des traitements médicaux les plus utilisés dans le monde. En France, elle est reconnue comme pratique médicale à part entière par l'Académie nationale de médecine depuis 1987.

I.2.2. Types de phytothérapie

I.2.2.1. La phytothérapie traditionnelle

La phytothérapie traditionnelle est une forme de médecine ancestrale reposant sur l'utilisation empirique de plantes médicinales pour soulager ou traiter divers troubles de santé. Elle puise ses origines dans des savoirs populaires transmis de génération en génération.

Ce type de phytothérapie est couramment utilisé pour traiter des affections courantes, telles que les troubles psychosomatiques légers, les pathologies saisonnières, les troubles digestifs, dermatologiques ou encore certains symptômes liés au foie et aux voies biliaires **(Chabrier, 2010).**

I.2.2.2. La phytothérapie clinique

La phytothérapie clinique adopte une approche holistique du patient, tenant compte de son environnement et nécessitant un examen clinique complet pour déterminer le traitement approprié. Son action repose sur une prise en charge à long terme, ciblant notamment le système neuro-végétatif. Dans ce cadre, les indications relèvent d'une thérapeutique complémentaire, destinée à renforcer ou accompagner l'efficacité d'un traitement allopathique classique pour certaines pathologies **(Chabrier, 2010).**

I.2.2.3. La phytothérapie moderne

Grâce aux progrès de la chimie moderne, il est désormais possible d'utiliser des substances issues de l'extraction ou de la synthèse. Par ailleurs, les recherches menées sur les plantes médicinales ont permis d'identifier les mécanismes d'action responsables de leurs effets thérapeutiques, longtemps reconnus par la médecine traditionnelle **(Jorite, 2015).**

I.2.3. Avantage de la phytothérapie

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine, la phytothérapie offre plusieurs avantages. Aujourd'hui, les traitements à base des plantes reviennent au premier plan, notamment en raison de la diminution de l'efficacité de certains médicaments, comme les antibiotiques, longtemps considérés comme une solution quasi universelle contre les infections graves. Cette diminution d'efficacité s'explique par l'adaptation croissante des bactéries et des virus, qui développent des résistances aux traitements conventionnels **(Zaghad, 2009).**

Les maladies les plus graves telles que le cancer et le sclérose sont soignées de façon très difficile, mais grâce la phytothérapie qui est une alternative importante, elle peut, en complément des traitements classiques, améliorer le confort des patients et contribuer à une approche thérapeutique plus globale de ces maladies graves **(Roussel, 2009).**

I.2.4. Inconvénients de la phytothérapie

Bien que les plantes médicinales soient naturelles et souvent issues de l'agriculture biologique, elles ne sont pas systématiquement dépourvues de risques. Certaines espèces peuvent être toxiques, voire mortelles en cas de mauvaise utilisation **(Aghandous et Soulaymani-Bencheikh, 2010).**

Par ailleurs, l'efficacité de la phytothérapie souffre souvent d'un manque de preuves scientifiques solides. Elle repose parfois sur des affirmations non vérifiées, des méthodes de diagnostic peu fiables et des préparations réalisées dans des conditions d'hygiène insuffisantes **(Sofowara, 2010).**

Une mauvaise utilisation, due à une méconnaissance des modes d'emploi ou des procédés de préparation, peut engendrer des effets indésirables graves. Par exemple, les feuilles de laurier, bien que toxiques par voie interne, sont néanmoins utilisées en application externe **(Boumediou et Addoun, 2017).**

Enfin, la collecte excessive de certaines plantes médicinales peut contribuer à la disparition d'espèces végétales vulnérables, particulièrement face aux pressions environnementales et à la surexploitation **(Hamel et al., 2018).**

I.2.4. Domaine d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux présentent de multiples intérêts et sont largement utilisées dans diverses industries, notamment en alimentation, en cosmétologie et en dermopharmacie. Parmi ces composés, on trouve en grande quantité les métabolites secondaires, qui sont principalement exploités en phytothérapie. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale, et la recherche découvre régulièrement de nouvelles molécules actives dans les plantes, ainsi que des matières premières pour la semisynthèse **(Bahorun, 1997).**

I.2.4.1. Utilisation en phytothérapie

Selon une estimation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 80 % de la population mondiale en particulier dans les pays en voie de développement ont recours à la médecine traditionnelle pour répondre à leurs besoins en matière de santé et de soins primaires

(Farnsworth, 1986). Le tableau ci-dessous présente l'intérêt thérapeutique de quelques plantes médicinales :

Tableau 2 : Utilisation de quelques plantes médicinales en phytothérapie

Plante médicinale	Famille	Partie utilisée	Forme d'utilisation	Usages	Reference
Senecio faujasioides	Asteraceae	Feuilles	Tisane	Utilisé dans le traitement de la syphilis.	**Bautista et al., 1991**
Borago officinalis L	Bouraginaceae	Graine	Huiles essentielles	Utilisée en diététique comme complément alimentaire. Elle possède également des propriétés anti-inflammatoires, cicatrisantes, ainsi que des effets bénéfiques contre l'ichtyose.	**Lisa, 2017**

Eucalyptus camaldulensis	Myrtaceae	Feuilles	Huiles essentielles	Utilisée pour traiter les problèmes respiratoires.	**Sexena et al., 2010**
Genista L	Fabaceae	Partie aérienne	Infusion	Elle possède des propriétés hypoglycémiantes.	**Rauter et al.2009**
Myrtus communis	Myrtaceae	Fruits	Huiles	Atténue les douleurs rhumatismales en application locale.	**Boukef, 1986**
Rosmarinus officinalis	Lamiaceae	Feuilles	Infusion/ Decocation	Utilisée dans le traitement du diabète Elle possède également des propriétés antitussives, carminatives,antiasthmatiques, fébrifuges et antiparalytiques.	**Arnold et al., 1997 Bakirel et al., 2008**
Scabiosa columbaria	Caprifoliaceae	Partie aérienne	Decocation	Utilisée traditionnellement contre la diphtérie.	**Rigat et al., 2007**
Ceratonia siliqua L	Caesalpiniaceae	Feuilles	décoction filtrée	Utilisée dans la médecine traditionnelle pour leurs propriétés laxatives, diurétiques, antidiarrhéiques. Utilisés également pour le traitement de la gastro-entérite chez les bébés allaités.	**Aboura, 2018**

I.2.4.2. Utilisation en industrie

Les plantes médicinales trouvent diverses applications dans l'industrie agroalimentaire, notamment pour l'assaisonnement des boissons, la fabrication de colorants naturels et de composés aromatiques. De nombreuses herbes et épices sont également largement utilisées en cuisine, où elles enrichissent les saveurs et participent pleinement au plaisir gustatif **(Delaveau, 1987).**

Elles entrent aussi dans la composition de produits cosmétiques, de parfums, d'articles de toilette et d'hygiène **(Porter, 2001).** Par ailleurs, certaines huiles extraites d'arbres sont employées en agriculture pour lutter contre divers insectes et nématodes **(Amjad, 2005).**

Le tableau ci-dessous présente l'intérêt économique de quelques plantes médicinales :

Tableau 3 : Utilisation de quelques plantes médicinales en industrie

Plante médicinale	Famille	Partie utilisée	Forme d'utilisation	Usages	Reference

Salvia scarea	Lamiaceae	Graines	Huiles essentielles	Utilisée en parfumerie et comme insecticide dans le traitement contre les puces chez les animaux domestiques.	**CHEVALLIER 2001 ; PIBIRI, 2006)**
Mentha pulegium	Lamiaceae	Feuilles Sommités fleuries	Infusion Décoction Huile essentielle	Utilisée comme matière première pour la synthèse du menthol.	**Newall 1996,**
Hedera helix	Araliaceae	Feuilles	Extraits secs normalisés Sirops Teinturesn	Utilisées dans les industries pharmaceutiques et ont été normalisées en 1988 par la réglementation allemande.	**(Lakemedelsverket Medical Products Agency 2014**
Ficus sycomorus L.	Moraceae	Les fibres d'écorces	Nattes Sacs Toiles (n	Utilisée dans la fabrication de nattes, de sacs et de toiles, et fournissent du bois de chauffage.	**Kerharo, 1974; Orwa, 2009**
Limoniastrum guyonianum	Plumbaginaceae			Utilisés pour le tannage des cuirs.	**Fintelmann V, 2004**
Lavandula angustifolia	Lamiaceae	Fleurs (sommités fleuries)	Extraits concentrés	utilisés dans les formulations cosmétiques et pharmaceutiques.	Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2016).

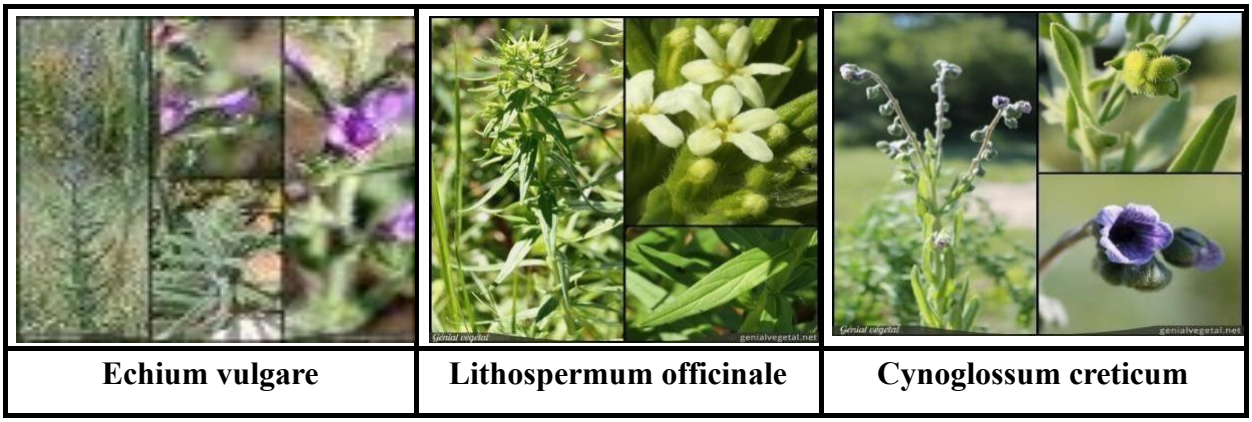
I.3.La famille des Boraginacée

I.3.1. Description botanique

Les Boraginaceae sont des angiospermes comprenant environ 1 600 espèces réparties en 110 genres. On y trouve des herbes annuelles, des arbustes et des arbres. Les feuilles sont souvent entières, simples, alternes et exstipulées. Les tiges sont généralement couvertes de poils rigides, ce qui leur donne une texture rugueuse. Les cellules foliaires possèdent des cristaux d'oxalat.Les fleurs, le plus souvent hermaphrodites, présentent un calice à lobes

imbriqués et une corolle tubuleuse campanulée, divisée en cinq lobes relativement réduits et munis d'écailles ou de poils au centre **(Bremer et al., 2003 ; Benamer, 2006).**

		
Borago officinalis	**Anchusa italica**	**Myosotis arvensis**
		
Myosotis secunda	**Phacelia tanacetifolia**	**Pulmonaria affinis**
		
Cerinthe glabra	**Symphytum tuberosum**	**Symphytum officinale**



Echium vulgare	Lithospermum officinale	Cynoglossum creticum

Figure1 : Représentation photographique de quelques espèces de la famille Boragenaceae **(https://m.genialvegetal.net/+-Plantes-famille-borraginacees-+)**

I.3.2. Répartition géographique

La famille des Boraginaceae présente une distribution cosmopolite. Les genres ligneux (arbres et arbustes) sont principalement présents dans les régions pantropicales et subtropicales, tandis que les genres herbacés sont largement répandus à l'échelle mondiale, avec une abondance particulière dans la région méditerranéenne et en Asie tempérée chaude. Ces plantes colonisent une grande diversité d'habitats, s'étendant du niveau de la mer jusqu'à plus de 4000 mètres d'altitude **(Heywood et al., 2007).**



Figure 2 : Carte de répartition géographique la famille Boraginacée

I.3.3. Position systématique

La position systématique de la famille Boraginacée se présente comme suit selon la classification classique et les systèmes phylogénétiques angiospermes modernes APG IV :

Tableau 4 : Classification systématique de la famille Boraginacée **(Cronquist, 1981)**

DOMAINE	Eucaryota
RÉGNE	Plantea

SOUS-RÈGNE	Viridiplantae
PHYLUM	Magnoliophyta
SOUS-PHYLUM	Streptophytina
SUPER-CLASSE	Tracheophyta
CLASSE	Magnoliopsida
SOUS-CLASSES	Asteridae
ORDRE	Boraginales
FAMILLE	Boraginaceae

I.3.4. Les plantes appartenant à la famille des Boraginacées

Actuellement, on estime que la famille des Boraginaceae comprend entre 1600 et 1700 espèces réparties dans 90 à 120 genres. Les relations de parenté ainsi que l'intégration de familles apparentées varient selon les classifications taxonomiques. D'un point de vue phylogénétique, les Boraginaceae, prises au sens large (incluant les familles proches), peuvent être subdivisées en six sous-familles.

1. **Sous-famille Boraginoideae :** Comprend de nombreux genres bien connus comme Symphytum (les consoudes), Myosotis, Brunnera, Lindelofia, Mertensia, Cynoglossum, Pulmonaria, Anchusa et Echium.
2. **Sous-famille Cordioideae :** Représentée notamment par Cordia subcordata, un arbre tropical connu sous le nom de "Le Tou".
3. **Sous-famille Ehretioideae :** Inclut des genres comme Ehretia et Bourreria, ce dernier produisant des fruits en forme de baies.
4. **Sous-famille Heliotropioideae :** (environ 450 espèces), Parfois considérée comme une famille distincte. On y retrouve notamment les genres Heliotropium et Euploca.
5. **Sous-famille Hydrophylloideae :** Regroupe des plantes comme Phacelia, utilisée comme engrais vert, et Nemophila, appréciée pour ses jolies fleurs annuelles cultivées en ornement.
6. **Sous-famille Lennooideae :** Composée de trois genres – Ammobroma, Lennoa et Pholisma, ce sont des plantes parasites originaires du continent américain.

I.3.5. Utilisations des plantes de la famille des Boragenaceae

I.3.5.1. Utilisations thérapeutiques

Les différentes parties (feuilles, fleurs et racines) de plusieurs plantes appartenant à la famille des Boraginacées sont largement utilisées en médecine traditionnelle. Elles servent notamment au traitement des blessures, des affections cutanées (comme le soulagement des brûlures), de la fièvre, des douleurs thoraciques, abdominales et articulaires, de l'hypotension, des inflammations oculaires, des infections auriculaires et de l'arthrite. Ces plantes présentent également diverses propriétés pharmacologiques : antispasmodiques, antibactériennes,

anthelminthiques, antihémorragiques, antiseptiques, diurétiques, et sont souvent utilisées sous forme de cataplasmes pour soigner les plaies courantes et certaines maladies vénériennes

(Tiwari S. P. 2008). Le tableau ci-dessous présente l'intérêt thérapeutique de quelques espèces de la famille des Boragenaceae :

Tableau 5 : Intérêt thérapeutique de quelques espèces de la famille Boragenaceae

Espèce	Organe utilisé/ Composé bioactif	Utilisation	Référence
Cordia dichotoma	Fruits	Utilisés contre la toux et les hémorragies internes. La pâte d'écorce est également appliquée en cas d'empoisonnement par les araignées et sur les furoncles éruptifs.	**Boizot N. et.,al 2006**
Borago officinalis L	Fleur, feuille et tige	Utilisé comme antipyrétique, diurétique. Utilisée également pour le traitement des affections cardiaques, des maladies respiratoires, des problèmes d'estomac, des troubles rénaux, des rhumatismes et de la dépression.	**Sokolov, 1990**
La cannelle de Ceylan	Extrait ethanolique	Présente des effets antihyperlipidémiques et antidiabétiques.	**Anitha et al., 2012a)**
Heliotropium europaeum	Huiles essentielles	Utilisé pour traiter les maux de tête et la goutte. Appliqué en usage externe pour favoriser la cicatrisation des plaies Employé pour le traitement des verrues	**Zargari, A., 1992.**
N.vesicaria	Extrait méthanolique	Possède une activité antioxydante importante, une activité cytotoxique prometteuse, ainsi qu'une propriété hémolytique.	**Mouffouk et al., 2020**
Cynoglossum grande	Racines	Utilisé pour traiter les maux d'estomac, les troublesgastrointestinaux, les maladies vénériennes, les brûlures et les échaudures.	**Quattrocchi ,2012**

I.3.5.2. Utilisations économiques

Les espèces de cette famille sont répartis dans le monde entier. Leur importance économique est relativement limitée, bien que certaines espèces soient utilisées comme plantes aromatiques, pour la production de colorants, ou cultivées comme plantes ornementales.

Le tableau ci-dessous présente l'intérêt économique de quelques espèces appartenant à la famille des Boraginacées.

Tableau 6: Intérêt économique de quelques espèces de la famille Boragenaceae

Espèce	Organe utilisé/ Composé bioactif	Utilisation	Référence
Alkanna tinctoria L	Les racines	Les pigments rouges naturels présents dans les racines de Ratanjot ont une large application en médecine, ainsi que dans les industries alimentaires, cosmétique et textile.	**Adeel et al., 2024 Michalak, 2023**
Borago officinalis L	Les huiles	L'huile de bourrache est largement utilisée en cosmétique. Elle aide à rendre la peau plus souple, plus élastique et plus tonique, ce qui lui confère un grand intérêt économique.	**Riotte, 2015**
Pulmonaria officinalis	Parties aériennes	Disponible sous forme de produits cosmétiques. Utilisé comme ingrédient actif dans divers compléments alimentaires. Contribue à la production de miel.	**Malinowska, 2013 ; Puusepp et al., 2014.**
Echium vulgare	Composes phénolique, Flavonoïdes	Les composés bioactifs peuvent être valorisés comme agents naturels de protection des plantes contre les ravageurs et les maladies, réduisant ainsi le besoin en pesticides de synthèse.	**Zunk, 2020**
Anchusa azurea	Composé phénolique	Conservateurs naturels, utilisés soit dans le domaine alimentaire, soit dans le domaine cosmétique.	**Hussain et al,.2019; Jawhari, F.Z. et al.,2020 KočevarGlavač, 2018.**

I.3.6. Toxicité des plantes de la famille des Boraginacées

De nombreuses espèces de la famille des Boraginacées sont considérées comme toxiques en raison de la présence de certaines molécules nocives, notamment les alcaloïdes pyrrolizidiniques. Ces composés, souvent hépatotoxiques, constituent un marqueur chimiotaxonomique important, car ils sont présents de manière quasi systématique dans les genres appartenant à cette vaste famille **(Gandini, 2016).**

Tableau 7 : Exemples de la toxicité des plantes appartenant à là de famille boraginacée

Plante	Effet toxique	Reference

 **Borago officinalis**	La bourrache peut provoquer une hépatite aiguë.En raison du caractère cancérogène de certains de ses alcaloïdes, une utilisation prolongée de cette plante pourrait favoriser l'apparition de tumeurs de type Hépato- carcinome, résultant d'une dégénérescence progressive des tissus hépatiques.	**Larrey, 1997. Bruneton, 1993.**
 **Heliotropium arborescens**	L'héliotrope entraîne, sous sa forme aiguë, une nécrose ainsi que des hémorragies au niveau du foie. Dans les formes chroniques, il provoque unedégénérescence hépatique accompagnée de nécrose centrolobulaire, une prolifération des canaux biliaires, une fibrose hépatique, voire unecirrhose hypertrophique.	**Bruneton, 1993.**
 **La consoude (Symphytum)**	Toute préparation destinée à une administration orale, élaborée à partir des racines ou des feuilles de la consoude, présente un risque d'hépatotoxique. Les effets toxiques de cette plante sont connus depuis le début des années 1980, époque à laquelle certains de ses alcaloïdes pyrrolizidiniques ont été identifiés.	**Victoria et al 2013**; **Neagu et al 2011.**

I.4. Le genre Anchusa

I.4.1. Historique du genre Anchusa

Le nom vernaculaire « buglosse » trouve son origine dans le mot grec bouglosson (βούγλωσσον), qui signifie littéralement « langue de bœuf ». Cette dénomination fait référence à la forme allongée et à la texture rugueuse des feuilles de la plante.

Dans l'Antiquité grecque, le terme Anchusa était utilisé pour désigner différentes espèces de la famille des Boraginacées, dont fait partie la buglosse, en raison des caractéristiques morphologiques de leur feuillage.

Historiquement, la buglosse était surtout employée pour soigner les piqûres de scorpions et les morsures de serpents. Avec le temps, sa réputation médicinale s'est élargie, notamment dans le traitement des troubles urinaires et cardiaques. En herboristerie européenne, jusqu'au début du XIX^{e} siècle, elle était réputée pour ses vertus « apéritives et réfrigérantes », correspondant à des effets laxatifs et antipyrétiques **(Woodville, William, 1810).**

Dès l'Ier siècle, le médecin grec Pedanius Dioscoride soulignait les propriétés astringentes de la racine de la buglosse commune. Il indiquait également que cette racine, bouillie dans de l'huile, était efficace dans le traitement des brûlures et des ulcères chroniques. Des préparations externes à base de racine étaient alors utilisées pour calmer la douleur, apaiser les affections cutanées et favoriser la cicatrisation des plaies.

Au Moyen Âge, le botaniste Hieronymus Bock en recommandait l'usage pour lutter contre la dépression et renforcer le cœur. Leonhart Fuchs et Bock reconnaissaient, par ailleurs, son action bénéfique sur les troubles de l'humeur, bien que Woodville attribuât ces résultats davantage à l'administration concomitante de vin qu'aux propriétés intrinsèques de la plante (**Woodville, William, 1810**).

Cependant, en raison de la présence d'alcaloïdes pyrrolizidiniques, connus pour leur toxicité, la buglosse est aujourd'hui considérée comme obsolète en phytothérapie **(Weigend, M.; Selvi, F. et al., 2016).**

Aujourd'hui, Anchusa**,** communément appelée buglosse, est avant tout cultivée pour son intérêt ornemental. Cette plante séduit par sa floraison abondante, caractérisée par une teinte bleu intense. Sa rusticité, sa simplicité d'entretien et son allure légèrement sauvage en font une favorite des jardiniers, notamment pour agrémenter massifs et rocailles **(Plantes-Avenue.fr).**

I.4.2. Présentation du genre Anchusa

I.4.2.1. Description générale

Le genre Anchusa L., appartenant à la famille des Boraginacées, comprend des plantes herbacées de taille moyenne, incluant des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces, et, plus rarement, partiellement ligneuses à leur base **(Chater, 1972).**

Les inflorescences sont disposées en cymes axillaires et terminales, généralement bractéées sur toute leur longueur. Le calice est lobé sur environ un tiers de sa base, tandis que la corolle de couleur violette, bleue, jaune ou blanche présente un tube cylindrique, droit ou courbé. Le limbe, rotacé à campanulé, est divisé en lobes égaux ou inégaux. La gorge est ornée de cinq écailles ovales ou oblongues, papilleuses ou pubescentes. Les étamines, insérées à différentes hauteurs, sont incluses ou légèrement exsertes. Le style est inclus, avec un stigmate capité.

Des trichomes hispides (poils raides) sont présents, avec quatre types identifiés : trois non glandulaires et un glandulaire. Ces trichomes sont génétiquement contrôlés, ce qui revêt une importance taxonomique **(Bigazzi et al., 1998).**

Les fruits, appelés nutules, sont ovoïdes, réniformes ou hémisphériques, dressés ou obliques, à surface réticulée ou rugueuse, souvent tuberculée, et présentent un anneau épaissi à leur base.

Les racines sont bien développées. La buglosse forme, en deux années de culture, une touffe érigée et buissonnante, atteignant en moyenne 80 cm de hauteur pour 60 cm de largeur.

Cependant, certaines variétés cultivées en sol riche et frais peuvent atteindre jusqu'à 1,80 m de hauteur.

Les tiges sont dressées et ramifiées. Elles portent des feuilles alternes, de couleur vert moyen a foncé, oblongues à lancéolées, entières, avec une texture rêche et rugueuse, caractéristique des Boraginacées. Les feuilles basales, plus grandes et longuement pétiolées, sont disposées en rosette, tandis que les feuilles supérieures sont sessiles.

L'aspect rêche du feuillage a d'ailleurs inspiré le nom de la plante, dérivé du grec signifiant « langue de bœuf » **(France Minéraux).**

Gusuleac (1929) a reconnu six sous-genres et cinq sections au sein du genre Anchusa : Euanchusa subdivisé en cinq sections (Leptophylles, Heterotriche, Litorées, Acranthera et Lomotriche) ainsi que les sous-genres Buglossum, Buglossellum, Buglossoides, Lycopsis et Cynoglot.

Tableau 8 : Description botanique des principales espèces du genre Anchusa

Espèce	Représentation photographique	Description	Reference

A.crispa		Plante bisannuelle de 10 à 25 cm, hérissée de soies raides très étalées. **Tiges :** nombreuses, décombantes, très rameuses, aux rameaux divariqués. **Feuilles** : sinuéescrispées, lancéoléesoblongues ; les feuilles inférieures sont atténuées en pétiole, les autres sont sessiles. **Fleurs** : petites, bleues, disposées en grappes lâches pendant la floraison, allongées et étalées. **Fleurs :** petites, à corolle de 5 à 7 mm avec un tube droit égalant le calice.Bractées lancéolées, aussi longues ou plus longues que le calice.Pédicelles plus courts que le calice, étalés à maturité, avec des dents lancéolées. Présence d'écailles ciliées à la gorge de la corolle.Carpelles mûrs grisâtres, petits, légèrement arqués vers l'axe floral.	**Tela botanica**
A.azurea		Plante vivace herbacée **Tiges :** dressées et ramifiées, couvertes de poils. **Feuilles :** sont alternes, simples, entières ou légèrement sinuées, les inférieures sont pétiolées, les supérieures sessiles, avec une nervure centrale marquée. **Fleurs** : Généralement bleues, possèdent cinq pétales soudés et cinq sépales libres, étroits et acérés. Elles sont groupées à l'extrémité des rameaux et présentent des écailles divisées en lanières filiformes. **Fruit** : est un akène divisé en quatre parties, chacune contenant une graine	**Quézel & Santa, 1963 Bonnier & De Layens, 1985**
A.officinalis		Plante herbacée, bisannuelle ou vivace courte, érigée, de 30 à 80 cm de haut. Tige anguleuse, hispide (poils raides). **Feuilles** : Simples, alternes, lancéolées, rugueuses et hérissées de poils raides, sessiles sur la tige. **Fleurs** : Fleurs bleuviolet vif (parfois roses ou pourpres), regroupées en cymes scorpioïdes. Corolle tubuleuse à 5 lobes, avec gorge munie d'écailles. **Fruit**: Tétrakène (formée de 4 akènes), brunâtre, rugueux	**Julve, 1998**

A.formosa		plante vivace, dressée, atteignant environ 60 à 100 cm de hauteur (estimation basée sur espèces proches). Tige robuste, généralement velue et rameuse. **Feuilles** : alternes, simples, oblongues à lancéolées. Pubescence (poils) dense, rêche, couvrant tiges et feuilles, similaire aux autres espèces du genre . Fleurs : corolle actinomorphe, de couleur bleu violacé (probablement 8–15 mm de diamètre selon genre), tube floral cylindrique glabre avec anneau basal et lobes déployés . Calyce : sépales velus, plus ou moins soudés sur la moitié inférieure, densément poilus comme chez Anchusa officinalis **Fruits** Fruit typique de Boraginacées : tétrakène (4 akènes), petits, rugueux ou carénés, insérés à l'intérieur du calice persistant	**Selvi, F., Bigazzi, M., & Bacchetta, G. (1997).**
A.arvenis		Plante annuelle, rarement bisannuelle, **Feuilles** : onduléescrispées, oblongues ou lancéolées. **Fleurs** : corolle à tube genouillé ; étamines insérées au niveau du coude, calice à lobes lancéolés. **Fruit (akène)** : soutenu par un bourrelet basal formant un col autour de la cicatrice d'attache.	**Jauzein, 1995.**

I.4.2.2. Habitats et répartition géographique

Anchusa est l'un des genres les plus étendus de sa tribu, regroupant environ 40 taxons principalement concentrés dans le bassin méditerranéen, mais également présents en Europe, en Asie occidentale et en Afrique tropicale. Un second centre de distribution, plus restreint, se trouve dans la région du Cap.

La forte diversité morphologique de ce genre hétérogène, ainsi que la variation en mosaïque de nombreux caractères à valeur taxinomique, ont conduit à des interprétations souvent divergentes, tant au niveau spécifique que générique (**Canoolle, 1846 ; Bentham, 1876 ; Gorke, 1894 ; Johnston, 1924 ; Gusuleac, 1927, 1928, 1929a ; Riedl, 1963 ; Chater, 1972 ; Greuter et al., 1984 ; Brummitt, 1992).**

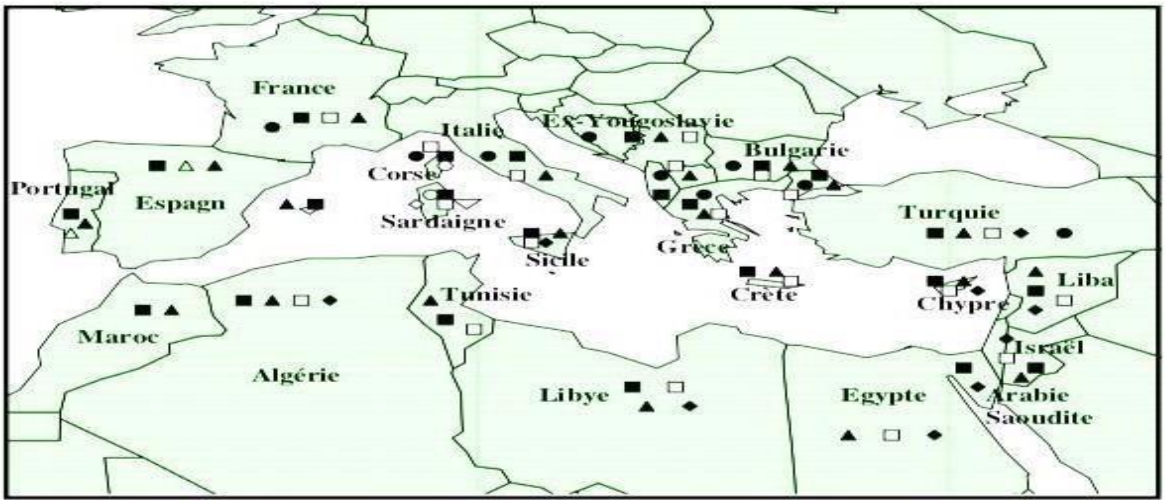


Figure 03 : Distribution des espèces du genre Anchusa dans le monde **(D'après Greuter et al,. 1984 ; Selvi et al., 1997).**

I.4.2.3. Position systématique

Le genre Anchusa est rattaché à la famille des Boraginaceae, dans l'ordre des Boraginales, et fait partie de la sous-famille des Boraginoideae. Sa position systématique peut être résumée comme suit :

Tableau 9 : Position systématique du genre Anchusa **(Cronquist, 1981)**

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Boraginales
Famille	Boraginaceae
Sous-famille	Boraginoideae
Genre	Anchusa
Espece	A.aegyptiaca-A.aggregata-A.arvensis-A.affinisA.calcarea-A.baumgartenii-A.azurea-A.atlantica-A.digenea-A.cespitosa-A.crispa-A.capensis-A. cretica-A.iranica-A.formosa-A.hybrida- A. dinsmorei-A.gmelinii-A.ochroleuca-A.leucanthaA.montelinasana-A.leptophylla-A.milleri-A.puechii-A.ovata-A.pseudoochroleuca-A.officinalis-A.procera-A.stylosa-A.riparia- A.strigosa-A.pusilla-A.samothracica-A.aucherA.thirkeana-A.undulata-A.thessala-A. tiberiadisA.aucheri

I.4.2.4. L'importance du genre Anchusa

Les espèces appartenant au genre Anchusa, de la famille des Boraginaceae, présentent une importance notable sur les plans écologique, médicinal et ornemental.

Tableau 10 : Utilisations de quelques espèces du genre Anchusa

Espece	Usages	Référence
A.azurea	Utilisée comme stimulant, tonique, émollient, dans les affections bilieuses, la fièvre, la toux et l'asthme, ainsi que comme diurétique pour traiter les calculs rénaux et vésicaux. Elle était également employée comme diaphorétique, narcotique, hypnotique, anti-arthritique, antirhumatismale et cathartique. Les feuilles de la plante étaient utilisées en décoction contre le rhume, les maux de gorge et les douleurs thoraciques.	**Khare, 2007; Kebriaee-zadeh, 2003; Al-Quran, 2008.**
A.strigosa	Utilisée comme diaphorétique, antipyrétique, narcotique, antirhumatismal, cathartique, hypnotique et contre l'arthrite.	**Al Khalil, 1995 ; Disi, 1998 Al-Quran, 2008).**
A.offcinalis	Utilisée en médecine pour ses effets expectorants, le traitement des coupures et des contusions, des variceveines et maux d'estomac.	**Launert, 1981**
A.arvanis	Utilisé epour le traitement de l'arthrite, du rhumatisme, de la goutte, du cancer, pour la gastroprotection, l'hypotension et les effets Hypoglycémian.	**Basili et al., 2009 Al-Snafi, 2014**

I.4.2.5. Toxicité du genre Anchusa

Plusieurs études scientifiques confirment que certaines espèces du genre Anchusa contiennent des composés toxiques appelés alcaloïdes pyrrolizidiniques. Ces substances sont connues pour leur hépatotoxicité (toxicité hépatique), et certaines d'entre elles peuvent être mutagènes ou cancérogènes. Bien qu'Anchusa azurea soit utilisée pour ses propriétés médicinales, elle présente néanmoins certains risques. La plante contient des alcaloïdes susceptibles d'avoir des effets paralysants et **c**ancérogènes **(Little, 1984).**

CHAPITRE II : Analyse chimique des espèces du genre Anchusa

II.1. Introduction

Le genre Anchusa, appartenant à la famille des Boraginaceae, comprend environ 35 espèces de plantes herbacées, réparties principalement dans les régions méditerranéennes, l'Europe du Sud, l'Asie de l'Ouest et l'Afrique du Nord. Ces espèces se caractérisent par leurs fleurs bleues ou violettes riches en pigments anthocyaniques, et leur usage ancien en médecine traditionnelle dans le traitement des troubles cutanés, inflammatoires et gastro-intestinaux (**Chebaro et al., 2023**).

Plusieurs études récentes ont mis en évidence la richesse chimique de différentes espèces du genre Anchusa, notamment Anchusa officinalis, Anchusa strigosa, et Anchusa azurea. Ces plantes renferment une diversité de métabolites secondaires, tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les alcaloïdes pyrrolizidiniques et les terpénoïdes. Ces composés contribuent à leurs propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et même anticancéreuses (**Yarmolinsky et al., 2022 ; Siciliano et al., 2005**).

Par exemple, Anchusa strigosa est une plante médicinale bien documentée dans la pharmacopée traditionnelle du Levant. Des analyses phytochimiques ont permis d'identifier des alcaloïdes pyrrolizidiniques à structure macrocyclique, tels que l'intermédine et l'hélio-supine, ainsi que des composés flavonoïdiques tels que l'apigénine et la lutéoline, reconnus pour leur potentiel anti-inflammatoire et antioxydant (**Siciliano et al., 2005 ; Yarmolinsky et al., 2022).**

Dans ce chapitre, nous allons explorer la composition chimique des principales espèces du genre Anchusa : A. officinalis, A. azurea, A. capensis, A. arvensis, A. strigosa, A. undulata, A. hybrida, A. crispa et A. tinctoria. L'objectif est de mettre en lumière la diversité métabolique de ces espèces.

II.2. Les métabolites primaires du genre Anchusa

Les métabolites primaires sont des composés essentiels au développement, à la croissance et à la reproduction des plantes. Dans le genre Anchusa, ces métabolites comprennent principalement les glucides, les acides aminés, les lipides et certains acides organiques. Bien que les recherches se soient davantage concentrées sur les métabolites secondaires, plusieurs études ont mis en évidence la présence et l'importance des métabolites primaires dans différentes espèces d'Anchusa.

Par exemple, une étude sur Anchusa italica a révélé une richesse en composés tels que les flavonoïdes, les saponines, les phénylpropanoïdes et les composés polyphénoliques, avec une concentration notable d'acide rosmarinique atteignant 39,85 % . Bien que l'acide rosmarinique soit généralement classé parmi les métabolites secondaires, sa biosynthèse implique des voies

métaboliques primaires, soulignant l'interconnexion entre ces deux catégories de métabolites. **(Wang et al., 2025)**

De plus, une analyse des racines d'Anchusa arvensis a identifié la présence d'alkannine et de shikonine, des composés dérivés de la voie des acides aminés, mettant en évidence l'importance des métabolites primaires dans la biosynthèse de ces pigments aux propriétés médicinales. **(Tsermentseli et al., 2008)**

Des études ont été menées pour analyser les métabolites primaires, notamment les acides aminés, les acides gras et les glucides, chez certaines espèces du genre Anchusa. Ces recherches ont permis d'identifier des composés essentiels au métabolisme primaire, comme illustré dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Teneur en métabolites primaires d'Anchusa officinalis

Métabolites primaires	Teneur (mg/kg de matière sèche)
Acides gras totaux	8 240,64
Acide linolénique	2 696,36
Acide linoléique	1 498,33
Acide palmitique	2 324,39
Acide glutamique	Données non disponibles
Glutamine	Données non disponibles
Glucides totaux	Données non disponibles

Les analyses ont révélé que l'espèce Anchusa officinalis contient une proportion significative d'acides gras, représentant environ 0,8 % du poids sec de la plante. Parmi ceux-ci, l'acide linolénique est le plus abondant, suivi de l'acide palmitique et de l'acide linoléique. Ces acides gras sont essentiels pour diverses fonctions biologiques, notamment la formation des membranes cellulaires et la production d'énergie.

Concernant les acides aminés, des études ont identifié la présence de glutamine et d'acide glutamique dans les racines et les pousses d'A. officinalis, bien que les quantités exactes n'aient pas été spécifiées. Ces composés jouent un rôle crucial dans la synthèse des protéines et le métabolisme de l'azote **(Svirska, 2021).**

En ce qui concerne les glucides, les données spécifiques sur leur teneur dans Anchusa officinalis sont actuellement limitées. Cependant, leur présence est implicite, étant donné leur rôle fondamental dans le métabolisme énergétique des plantes.

En résumé, Anchusa officinalis présente un profil métabolique primaire riche, notamment en acides gras essentiels et en acides aminés, ce qui souligne son potentiel en tant que source de composés bioactifs pour des applications nutritionnelles et thérapeutiques.

II.3.Les métabolites secondaires du genre Anchusa

Le genre Anchusa, appartenant à la famille des Boraginaceae, est riche en métabolites secondaires qui confèrent à ses espèces une variété de propriétés biologiques. Plusieurs études se sont concentrées sur les espèces A. azurea, A. capensis, A. arvensis, A. strigosa, A. undulata, A. hybrida, A. crispa et A. tinctoria, révélant une composition chimique complexe et bioactive. Ces métabolites comprennent principalement les composés phénoliques, les flavonoïdes, les alcaloïdes, et les huiles essentielles.

II.3.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont parmi les métabolites secondaires les plus abondants dans les espèces du genre Anchusa. Ils jouent un rôle essentiel dans la défense contre les stress abiotiques et biotiques et sont largement reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, antiinflammatoires et antimicrobiennes.

Tableau 12 : Études sur les composés phénoliques identifiés chez différentes espèces d'Anchusa

Espèce	Composés phénoliques identifiés	Méthode d'analyse	Référence
A.azurea	Acide rosmarinique, Acide férulique	HPLC-DAD	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**
A.undulata	Acide caféique Acide rosmarinique	une activité piégeant les radicaux DPPH avec une IC_{50} de 38 µg/mL	**Taban et al, 2016**
		HPLC-UV	**Koz et al , 2009 ; Kesver etal, 2017**
A.hybrida	Acide gallique Acide protocatéchuique	Spectrophotométrie	**Erygur et al , 2018**
A. arvensis	Acide rosmarinique catéchine	LC-MS	**Hussain et al., 2023**
A.tinctoria	Acide syrngique, Acide p-coumarique	HPLC	**Papageorgiou et al., 2014**

Les résultats obtenus à partir de ces études montrent une prédominance marquée de l'acide rosmarinique chez A. azurea, A. undulata et A. arvensis, ce qui confirme l'appartenance de ces espèces à des profils chimiques riches en acides phénoliques hydroxylés, souvent liés à de fortes activités antioxydantes.

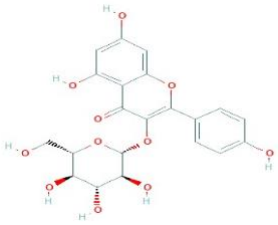
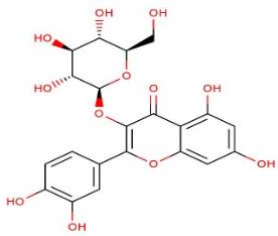
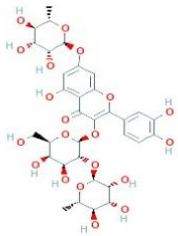
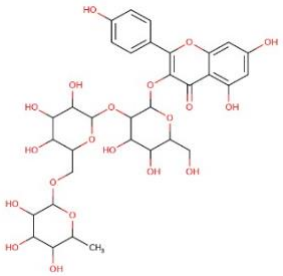
L'étude **(Taban et al., 2016 ; Koz et al., 2009 ; Kesver et al., 2017)** a par exemple démontré que les extraits éthanoliques de A. undulata présentaient une activité de piégeage des radicaux DPPH, avec une IC_{50} de 38 µg/mL, ce qui est comparable à celle de l'acide ascorbique pur.

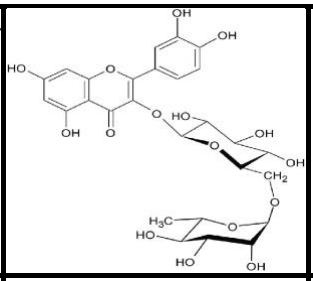
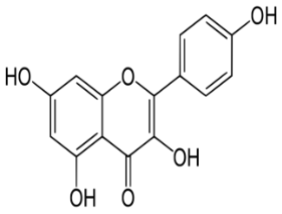
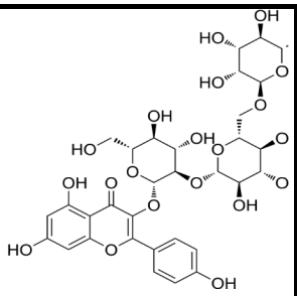
L'acide férulique, identifié chez A. azurea, est également reconnu pour ses effets protecteurs contre les dommages oxydatifs cellulaires, tandis que l'acide gallique détecté chez A. hybrida possède des propriétés antitumorales rapportées dans plusieurs modèles cellulaires. Ces métabolites contribuent donc fortement à la valeur thérapeutique traditionnelle des espèces du genre Anchusa dans la médecine populaire méditerranéenne) **Kuruüzüm-Uz et al., 2013**

II.3.2. Les flavonoïdes

Des études phytochimiques menées sur le genre Anchusa ont mis en évidence sa richesse en flavonoïdes, composés connus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Le tableau ci-dessous regroupe les flavonoïdes identifiés, leurs structures ainsi que leurs teneurs, extraits à partir de différentes espèces du genre Anchusa, collectées dans divers pays et étudiées par des chercheurs dans des contextes botaniques et pharmacologiques variés.

Tableau 13 : Flavonoïdes identifiés dans différentes espèces du genre Anchusa.

Espèce	Partie étudiée	Flavonoïde identifié	Structure chimique	Quantité mesurée (mg/100g PF)	Référence
Anchusa azurea	Racines	Kaempférol 3O-β-glucopyranoside		Non précisée	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**
Anchusa strigosa		Quercétine 3-Oβ-glucopyranoside		Non précisée	
		Quercétine 3-Oαrhamnopyranosyl(1→6)-βglucopyranoside		Non précisée	
		Kaempférol 3O-αrhamnopyranosyl(1→6)-βglucopyranoside		Non précisée	

	Parties aériennes	Quercétine 3-Orutinoside		Non précisée	**Ghalib & Kadhim, 2021**
		Kaempférol		Non précisée	
		Kaempférol 3O-βrhamnopyranosyl(1→6)-βglucopyranoside		Non précisée	
Anchusa italica	Feuilles	Flavonoïdes totaux (exprimés en équivalents de quercétine)	-	28,88 mg/g d'extrait	**El Khomsi et al., 2022**
	Racines	Polyphénols totaux (exprimés en équivalents d'acide gallique)	-	43,29 mg/g d'extrait	
Anchusa ochroleuca	Racines Partie aérienne	Divers flavonoïdes non spécifiés	Non spécifiée	Non précisée	**Ciocarlan et al., 2021**

Les études phytochimiques réalisées sur différentes espèces du genre Anchusa révèlent une richesse notable en flavonoïdes, composés reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, antiinflammatoires et antimicrobiennes.

Le tableau montre que les flavonoïdes identifiés varient en type et en quantité selon l'espèce et la partie de la plante étudiée. On observe que la quercétine, le kaempférol et la lutéoline, sous diverses formes glycosylées ou libres, sont parmi les flavonoïdes les plus fréquents dans ces espèces. Par exemple, Anchusa azurea contient du kaempférol 3-O-β-glucopyranoside (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**), tandis que Anchusa strigosa présente plusieurs dérivés de quercétine

et de kaempférol dans ses différentes parties, notamment la quercétine 3-O-rutinoside et le kaempférol sous forme libre ou glycosylée **(Ghalib & Kadhim, 2021).**

Pour Anchusa italica, les feuilles ont montré une concentration de flavonoïdes totaux équivalente à 28,88 mg/g d'extrait exprimée en équivalents de quercétine, alors que les racines contiennent 43,29 mg/g d'extrait de polyphénols totaux exprimés en équivalents d'acide gallique (**El Khomsi et al., 2022**). Enfin, chez Anchusa ochroleuca, des flavonoïdes divers non spécifiés ont été détectés dans les racines et les parties aériennes (**Ciocarlan et al., 2021).**

Les quantités mesurées, exprimées en mg/100g de poids frais ou sec selon les études, montrent des variations qui peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs : différences géographiques des échantillons, méthodes d'extraction, partie de la plante analysée, ou encore le stade de développement végétatif. Ces variations témoignent aussi de la complexité du métabolisme secondaire chez les espèces du genre Anchusa. Enfin, la présence de ces flavonoïdes bioactifs renforce l'intérêt pharmacologique et nutritionnel de ces espèces, qui pourraient être valorisées dans la formulation de produits naturels antioxydants ou anti-inflammatoires. Toutefois, des études complémentaires sont nécessaires pour approfondir la quantification précise, la biodisponibilité et les mécanismes d'action spécifiques de ces composés dans les différentes espèces du genre.

II.3.3. Les polyphénols totaux

Plusieurs études ont mis en évidence leur présence en quantités variables dans différentes espèces du genre Anchusa.

Tableau 14 : Contenu en polyphénols totaux dans quelques espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Composé	Quantité mesurée	Référence
Anchusa italica	Racines	Polyphénols totaux	43,29 mg équivalent acide Gallique /g d'extrait	**El Khomsi et al., 2022**
Anchusa azurea	Racines	Polyphénols totaux	37,5 mg équivalent acide Gallique /g d'extrait	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**

Le contenu élevé en polyphénols totaux observé dans les racines de l'espèce Anchusa italica **(El Khomsi et al., 2022)** et de l'espece Anchusa azurea **(Kuruüzüm-Uz et al., 2013)** souligne leur potentiel antioxydant important. Cette richesse en composés phénoliques confère à ces extraits une efficacité contre le stress oxydatif, contribuant ainsi à leurs usages pharmacologiques. La variation des concentrations peut s'expliquer par les différences génétiques des espèces ainsi que par les conditions environnementales et les méthodes d'extraction.

II.3.4. Les terpènes

Les terpènes constituent une classe majeure de métabolites secondaires volatils, largement responsables des arômes des plantes. Ils possèdent également des propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires.

Tableau 15 : Principaux terpènes identifiés dans les espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Terpène principal	Référence
Anchusa ochroleuca	Racines parties aériennes	Limonène, Cétone Camphre	**Ciocarlan et al., 2021**
Anchusa italica	Feuilles	Géraniol, Linalol	**El Khomsi et al., 2022**

La présence de terpènes comme le limonène ou le camphre dans Anchusa ochroleuca **(Ciocarlan et al., 2021)** explique ses effets antimicrobiens relevés dans plusieurs études. De même, des composés tels que le géraniol et le linalol ont été identifiés dans les feuilles de Anchusa italica **(El Khomsi et al., 2022),** ce qui suggère un potentiel biologique intéressant.

Ces composés, souvent volatils, jouent un rôle défensif naturel contre les insectes et les agents pathogènes. Cependant, l'absence de quantifications précises souligne la nécessité d'études complémentaires pour mieux caractériser le profil chimique et la bioactivité de ces terpènes.

II.3.5. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés azotés bioactifs souvent impliqués dans des fonctions défensives. Leur présence dans le genre Anchusa est moins documentée.

Tableau 16 : Les alcaloïdes dans le genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Alcaloïde détecté	Référence
Anchusa spp.	Parties variées	Aucun alcaloïde significatif détecté	(absence de données précises)

À ce jour, les études n'ont pas mis en évidence de concentrations significatives d'alcaloïdes dans le genre Anchusa. Cela suggère que ces composés ne constituent pas une classe dominante dans ces plantes, ce qui oriente la recherche vers d'autres types de métabolites secondaires plus prépondérants.

II.3.6/Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés volatils, dont les monoterpènes et sesquiterpènes, qui confèrent aux plantes leurs propriétés aromatiques et médicinales.

Tableau 17 : Composition des huiles essentielles dans les espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Composants majeurs	Pourcentage (%) approximatif	Référence
Anchusa italica	Feuilles	Limonène Camphre Oxyde de bornéol	Limonène15%, Camphre 10%	**El Khomsi et al., 2022**
Anchusa azurea	Racines	Géraniol Linalol	Quantité non précisée	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013 ; Boussoualim et al., 2018**

Les huiles essentielles extraites des feuilles et racines des espèces Anchusa contiennent des terpènes tels que le limonène et le camphre, identifiés notamment dans les feuilles de Anchusa italica avec des proportions approximatives de 15 % pour le limonène et 10 % pour le camphre (**El Khomsi et al., 2022).**

D'autres composés, comme le géraniol et le linalol, ont été détectés dans les racines de Anchusa azurea (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**), renforçant l'intérêt thérapeutique de ces extraits.

La variabilité dans les pourcentages reflète l'influence des conditions de culture et de récolte.

II.3.7. Les tanins

Plusieurs études ont mis en évidence la présence de tanins chez des espèces du genre Anchusa. Le tableau suivant présente les types de tanins identifiés, les parties de la plante étudiées ainsi que les quantités mesurées dans certaines espèces.

Tableau 18 : Composition des tanins dans les espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Type de tanins	Quantité mesurée	Référence
Anchusa azurea	Feuilles	Tanins hydrolysables	12,4 mg EAT/g extrait	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**
Anchusa italica	Racines	Tanins condensés	8,7 mg EAT/g extrait	**El Khomsi et al., 2022**
Anchusa officinalis	Parties aériennes	Tanins totaux	15,1 mg EAT/g extrait	**Radulović et al., 2020**

Les résultats révèlent des teneurs variables en tanins selon l'espèce et l'organe végétal analysé. Les feuilles de l'espèce Anchusa azurea se sont révélées riches en tanins hydrolysables, avec une concentration de 12,4 mg EAT/g d'extrait (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**), tandis que les

racines de l'espèce Anchusa italica contenaient une concentration non négligeable de tanins condensés, estimée à 8,7 mg EAT/g d'extrait **(El Khomsi et al., 2022**). Quant à Anchusa officinalis, elle présente une quantité plus importante de tanins totaux dans ses parties aériennes, atteignant 15,1 mg EAT/g d'extrait (**Radulović et al., 2020**).

La richesse en tanins de ces plantes peut expliquer leur usage traditionnel dans le traitement des affections cutanées, digestives et inflammatoires. D'un point de vue écologique, la présence de ces composés contribue à la défense de la plante contre les herbivores et les agents pathogènes.

II.3.8. Les saponines

Des études ont identifié la présence de saponines dans différentes espèces du genre Anchusa, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 19 : Composition des saponines dans les espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Type de saponines	Quantité mesurée	Référence
Anchusa strigosa	Parties aériennes	Saponines triterpéniques	15,6 mg/g extrait	**Ghalib & Kadhim, 2021**
Anchusa italica	Feuilles	Saponines stéroïdiennes	10,3 mg/g extrait	**El Khomsi et al., 2022**

Les résultats montrent une concentration notable de saponines dans les parties aériennes et les feuilles. Par exemple, les parties aériennes de l'espèce Anchusa strigosa contiennent 15,6 mg/g d'extrait de saponines triterpéniques (**Ghalib & Kadhim, 2021**), tandis que les feuilles de l'espèce Anchusa italica renferment 10,3 mg/g d'extrait de saponines stéroïdiennes (**El Khomsi et al., 2022**). Ces données renforcent l'idée que ces métabolites secondaires participent à la défense des plantes contre les pathogènes et les herbivores.

II.3.9. Les glucosides cyanogénétiques

Les glucosides cyanogénétiques sont des composés qui libèrent du cyanure d'hydrogène lors de la dégradation enzymatique, ce qui est toxique pour les herbivores et les microbes, jouant ainsi un rôle protecteur pour la plante. Bien que les données spécifiques sur les glucosides cyanogénétiques dans le genre Anchusa soient limitées, certaines études ont rapporté leur présence dans des espèces apparentées. Le tableau suivant présente les informations disponibles.

Tableau 20 : Composition des glucosides cyanogénétiques dans les espèces du genre Anchusa

Espèce	Partie étudiée	Glucoside cyanogénétique	Quantité mesurée	Référence
Anchusa azurea	Racines	Linamarine	Non précisée	**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**

Anchusa italica	Feuilles	Amygdaline	Non précisée	**El Khomsi et al., 2022**

Bien que les quantités exactes restent souvent non précisées, la détection de glucosides cyanogénétiques dans plusieurs espèces d'Anchusa confirme leur rôle dans la défense chimique. Par exemple, la linamarine a été identifiée dans les racines d'Anchusa azurea (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013)**, tandis que l'amygdaline a été détectée dans les feuilles d'Anchusa italica (**El Khomsi et al., 2022).**

II.4. Synthèse comparative des métabolites secondaires identifiés dans différentes espèces du genre Anchusa

L'analyse phytochimique des espèces du genre Anchusa met en évidence une grande diversité de métabolites secondaires, dont la distribution varie selon l'espèce, la partie végétale étudiée et les méthodes analytiques employées. Cette variabilité reflète non seulement la richesse chimique de ce genre, mais également son potentiel pharmacologique encore largement sousexploité.

Les flavonoïdes figurent parmi les composés les plus abondamment étudiés. Ainsi, Anchusa italica s'est distinguée par une teneur élevée en flavonoïdes totaux (28,88 mg/g d'extrait) dans les feuilles (**El Khomsi et al., 2022**), tandis que Anchusa azurea renferme des dérivés glycosylés du kaempférol, notamment le kaempférol 3-O-β-glucopyranoside (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013**). Anchusa strigosa, quant à elle, présente une diversité remarquable en quercétine et kaempférol sous différentes formes conjuguées, ce qui lui confère un profil antioxydant prometteur (**Ghalib & Kadhim, 2021**). Cette variabilité qualitative et quantitative suggère des potentialités différenciées en fonction des espèces et de leurs conditions écologiques.

Concernant les polyphénols totaux, A. italica (43,29 mg EAG/g) et A. azurea (37,5 mg EAG/g) se révèlent être les espèces les plus riches, ce qui corrobore leur activité antioxydante signalée dans plusieurs études **(El Khomsi et al., 2022 ; Kuruüzüm-Uz et al., 2013).** Les acides phénoliques tels que l'acide rosmarinique, l'acide férulique et l'acide caféique ont été identifiés dans différentes espèces (A. azurea, A. undulata, A. arvensis), et leur activité piégeante des radicaux libres a été démontrée, notamment chez A. undulata avec une IC_{50} comparable à celle de l'acide ascorbique **(Taban et al., 2016**).

Les terpènes, bien que moins étudiés de manière quantitative, sont présents dans plusieurs espèces. Anchusa ochroleuca contient des monoterpènes comme le limonène et le camphre **(Ciocarlan et al., 2021)**, tandis que A. italica possède du géraniol et du linalol dans ses feuilles **(El Khomsi et al., 2022)**. Ces composés, volatils et aromatiques, confèrent à ces espèces des

propriétés antimicrobiennes bien documentées. Néanmoins, l'absence de quantification précise dans la majorité des études reste une limite à leur valorisation clinique.

S'agissant des tanins, une différenciation nette est observée selon le type : A. azurea est riche en tanins hydrolysables (12,4 mg EAT/g), tandis que A. italica présente des tanins condensés (8,7 mg EAT/g), et A. officinalis affiche la plus haute concentration avec 15,1 mg EAT/g d'extrait (**Radulović et al., 2020).** Ces composés jouent un rôle central dans la défense écologique des plantes et leur potentiel thérapeutique, notamment contre les inflammations intestinales, est reconnu **(Scalbert, 1991).**

Les saponines, identifiées notamment chez A. strigosa (15,6 mg/g) et A. italica (10,3 mg/g), confèrent aux extraits une activité hémolytique, antifongique et immunomodulatrice (**Ghalib & Kadhim, 2021 ; El Khomsi et al., 2022**). Leur structure (stéroïdienne ou triterpénique) pourrait justifier des effets pharmacologiques différenciés à explorer plus en détail.

Les huiles essentielles de A. italica contiennent des proportions notables de limonène (15 %) et de camphre (10 %) (**El Khomsi et al., 2022**), renforçant leur intérêt dans les industries cosmétique et pharmaceutique. En revanche, les données sur les huiles essentielles de A. azurea demeurent peu précises, limitant la comparaison (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013).**

Enfin, les glucosides cyanogénétiques, bien que moins fréquents dans ce genre, ont été identifiés dans A. azurea (linamarine) et A. italica (amygdaline), soulignant un potentiel défensif naturel mais aussi une toxicité éventuelle nécessitant prudence dans les usages thérapeutiques (**Kuruüzüm-Uz et al., 2013 ; El Khomsi et al., 2022**).

En somme, Anchusa italica se démarque par la diversité et l'abondance de ses composés (flavonoïdes, polyphénols, saponines, terpènes), tandis que A. azurea présente une richesse en composés phénoliques hydroxylés et glucosides cyanogénétiques. Anchusa strigosa se distingue principalement par ses flavonoïdes et saponines, et A. officinalis par sa forte teneur en tanins. Cette hétérogénéité interspécifique reflète la plasticité chimique du genre et constitue une base solide pour sa valorisation thérapeutique, à condition de renforcer les études de standardisation, de quantification et de biodisponibilité.

Chapitre III : Analyse pharmacologique des espèces du genre Anchusa

III.1. Introduction

Le genre *Anchusa*, appartenant à la famille des Boraginaceae, comprend plusieurs espèces de plantes médicinales traditionnellement utilisées dans diverses régions, notamment en Méditerranée, en Asie et en Afrique. Depuis l'Antiquité, ces plantes sont employées pour soulager divers troubles de santé. Aujourd'hui, elles attirent un intérêt croissant dans le domaine de la pharmacologie, en raison de leur richesse en composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les alcaloïdes et les naphtoquinones.

Des études récentes ont mis en évidence une grande variété d'activités pharmacologiques associées aux extraits de différentes espèces du genre *Anchusa*. Parmi ces propriétés, on retrouve des effets antioxydants marqués, ainsi que des activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et cytotoxiques **(Osw & Hussain, 2021 ; Ghalib & Kadhim, 2021).** Par ailleurs, plusieurs travaux ont souligné la capacité de ces extraits à inhiber des enzymes clés impliquées dans diverses pathologies chroniques, telles que l'α-amylase et l'α-glucosidase dans le diabète de type 2, l'acétylcholinestérase (AChE) et la butyrylcholinestérase (BChE) dans la maladie d'Alzheimer, la tyrosinase dans les troubles pigmentaires, ainsi que la lipase pancréatique dans la lutte contre l'obésité **(Chebaro et al., 2023 ; Birari & Bhutani, 2007).**

Au regard de cette diversité d'activités biologiques, le genre *Anchusa* représente une source prometteuse de molécules naturelles pouvant être exploitées à des fins thérapeutiques. La présente section vise à dresser un état des lieux des principales propriétés pharmacologiques identifiées chez ces espèces, en s'appuyant sur les résultats expérimentaux les plus récents.

III.2. Activités pharmacologiques rapportées chez le genre de Anchusa

III.2.1. Activité Antimicrobienne

L'activité antimicrobienne désigne la capacité de certaines substances bioactives à inhiber la croissance ou à détruire divers micro-organismes, tels que les bactéries et les champignons. Ces composés présentent un intérêt médical majeur en raison de leur cytotoxicité sélective : ils agissent efficacement contre les agents pathogènes sans endommager les cellules des mammifères. Par ailleurs, certaines de ces substances sont capables d'inhiber la formation de biofilms des structures protectrices élaborées par les micro-organismes qui contribuent souvent à leur résistance aux traitements conventionnels.

Le tableau suivant présente les résultats de l'activité antibactérienne de deux espèces du genre *Anchusa*, évaluée par la méthode de microdilution contre différentes souches bactériennes **(Balouiri, M et al.2016) (Tille, P. (2015)**

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI), définies comme les plus faibles concentrations empêchant la croissance des micro-organismes testés, ont été déterminées pour chaque extrait.

Tableau 21 : Activité antibactérienne des extraits des espèces étudiées du genre *Anchusa*

Espèce	**Anchusa oficinallice**						**Anchusa ovata**			
0rigine	**Serbia**						**Palestine**			
CMI (mg/ml)										
Extrait	EEtOH	EE AcE	EChl	EAm	EPet	EAc	EHex	EMeOH	EAc	EH2o
Gramme +										
E. faecalis	3.94	31.25	7.875	0.97	31.25	7.875	NT	NT	NT	NT
S. aureus	62.5	125.00	31.25	0.97	125.00	125.00	6.25	6.25	12.5	_
S.saprophyticus	62.5	125.00	31.25	0.97	125.00	125.00	NT	NT	NT	NT
E. faecium	3.94	62.5	31.25	0.49	125.00	125.00	R	R	12.5	_
L.monocytogenes	7.875	125.00	31.25	0.97	125.00	62.5	NT	NT	NT	NT
L. innocua	62.5	125.00	31.25	0.49	'62.5	31.25	NT	NT	NT	NT
Bacillus spizizenii	62.5	125.00	31.25	0.97	NT	125	NT	NT	NT	NT
MRSA	NT	NT	NT	NT	NT	NT	R	R	125.00	_
Gramme -										
E.coli	7.875	125.00	31.25	0.97	125 .00	31.25	R	R	NT	NT
P. mirabilis	62.5	62.5	31.25	0.49	62.5	125.00	NT	NT	125.00	_
K.pneumoniae	7.875	125.00	31.25	0.49	125.00	125.00	R	125.00	NT	NT
P.aeruginosa	62.5	125.00	31.26	0.97	125.00	125.00	6.25	125.00	On	
C. freundii	62.5	62.5	31.25	0.49	62.5	125.00	NT	NT	NT	_
P.vulgaris	NT	NT	NT	NT	NT	NT	R	125.00	R	

D'après les résultats résumés dans le tableau, le pouvoir antibactérien de différents extraits de deux espèces du genre *Anchusa* (*A. officinalis et A. ovata),* provenant de deux régions différentes, a été évalué contre des bactéries à Gram positif et Gram négatif. Les résultats ont montré que les extraits hexanique, méthanolique et acétonique d'*Anchusa ovata* (AO) présentaient une activité significative contre certaines souches bactériennes. Ils se sont révélés actifs contre *Staphylococcus aureus*, avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) de 6,25 mg/mL pour les extraits hexanique et méthanolique, et de 12,5 mg/mL pour l'extrait acétonique. Seul l'extrait méthanolique a montré une activité contre *Proteus vulgaris* (CMI = 12,5 mg/mL).

De plus, ces extraits ont inhibé la croissance de *Pseudomonas aeruginosa*, avec des CMI variant entre 6,25 et 12,5 mg/mL. En revanche, l'extrait acétonique s'est révélé le moins efficace contre *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium* et la souche résistante *Staphylococcus aureus* (MRSA), avec des CMI uniformes de 12,5 mg/mL.

Dans une autre étude, l'extrait éthanolique d'*Anchusa officinalis* a démontré un potentiel antimicrobien supérieur à celui des autres extraits, notamment ceux au pétrole et à l'acétone. Cet extrait a montré la meilleure activité contre *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus faecium*, avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) très basse de 3,94 µg/mL, indiquant une forte efficacité par rapport aux antibiotiques standards. Il a également présenté une activité modérée contre *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Listeria monocytogenes* (CMI = 7,875 µg/mL), ainsi qu'une activité plus faible contre *Proteus mirabilis*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria innocua*, *Bacillus spieizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus* (CMI = 62,5 µg/mL).

Les propriétés antimicrobiennes des composés d'origine végétale représentent une ressource précieuse en médecine. L'extrait éthanolique de *A. officinalis* a ainsi montré une forte activité contre les bactéries à Gram positif et Gram négatif. Cette efficacité peut être liée à la nature biologique des ingrédients actifs, dont l'activité peut être renforcée en présence d'éthanol, grâce à sa capacité d'extraction plus puissante, permettant d'isoler un plus grand nombre de composés bioactifs à potentiel antimicrobien **(Bhattacharjee et al., 2006).**

III.2.2. Activité antioxydante

Les antioxydants désignent des molécules capables de neutraliser ou de limiter les dommages induits par les radicaux libres au sein de l'organisme. Leur action permet de maintenir les concentrations en espèces réactives de l'oxygène (ROS) à des niveaux non cytotoxiques pour les cellules. Afin de faire face à la production endogène et continue de radicaux libres, l'organisme a développé deux systèmes de défense cellulaires distincts, de puissances inégales, assurant la protection et la détoxification des structures biologiques (Favier, 2003). Par ailleurs, les antioxydants d'origine alimentaire jouent un rôle essentiel dans le maintien des fonctions physiologiques humaines, en atténuant de manière significative les effets délétères liés au stress oxydatif

Le tableau suivant présent l'activité antioxydante des extraits de deux plantes du genre ***Anchusa***, obtenus à l'aide de différents solvants.

Tableau 22 : L'activité antioxydante de plantes de genre *Anchusa*

Espèce	***A.officinalis***	***A. azurea var. kurdica.***
Partie étudié	Partie aérienne	Les racines
L'origine	Serbia	
Extraits	**Activité de piégeage des radicaux libres DPPH**	
Chloroforme	57.04 ± 1.08	-
Acétate d'éthyle	59.03 ± 0.98	30.89±1.06*
Ethanol	55.57 ± 0.45	-
Acétone	57.41 ± 0.76	-
Ether de pétrole	63.81 ± 0.86	-
Methanol	-	55.01±0.28
Eau	-	22.94±0.98
Référence	**Ivana et al ,2018**	**Abdulqadiret al., 2024**

Le test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est l'une des méthodes les plus largement utilisées pour évaluer l'activité antioxydante. Il permet de mesurer la capacité des composés à neutraliser les radicaux libres, par une réaction avec un radical stable de couleur violette (DPPH), qui perd sa coloration lorsqu'il est réduit par un antioxydant.

L'un des principaux avantages de ce test réside dans sa simplicité, sa rapidité, ainsi que sa grande sensibilité, même vis-à-vis des antioxydants faibles, ce qui le rend particulièrement adapté à l'analyse des extraits de plantes **(Seyhan, S. A., 2019 ; Danet, A. F., 2021).**

Les résultats présentés dans le tableau montrent que l'extrait éthanolique présente la capacité antioxydante totale la plus élevée (90,26 ± 0,99 mg TE/g), ce qui indique que l'éthanol est le solvant le plus efficace pour extraire les composés antioxydants de cette plante.

En revanche, c'est l'extrait au pétrole qui présente la meilleure capacité de neutralisation des radicaux libres selon le test DPPH (63,81 ± 0,86 mg TE/g). Cela suggère que les composés extraits par ce solvant sont particulièrement actifs contre les radicaux libres, bien que leur concentration totale soit inférieure à celle de l'extrait éthanolique.

Les autres extraits, notamment ceux obtenus avec le chloroforme, l'acétate d'éthyle et l'acétone, présentent des valeurs intermédiaires dans les deux tests.

Par ailleurs, une étude menée sur les racines de l'espèce *Anchusa azurea* var. *kurdica* a révélé que l'extrait méthanolique possède la meilleure activité antioxydante mesurée par le test DPPH, avec une valeur de 55,01 ± 0,28 mg TE/g, indiquant une excellente capacité de piégeage des radicaux libres.

En conclusion, les extraits des différentes espèces du genre *Anchusa* sont riches en polyphénols et flavonoïdes, des composés reconnus pour leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à contribuer ainsi à la protection contre le stress oxydatif.

III.2.3. Activité cytotoxique

L'activité cytotoxique

correspond à la capacité d'un composé, qu'il soit d'origine naturelle ou synthétique, à provoquer la mort cellulaire ou à inhiber la prolifération de cellules vivantes, notamment les cellules cancéreuses. Cette propriété revêt une importance particulière dans le cadre du développement de nouveaux agents anticancéreux, car elle permet d'évaluer le potentiel thérapeutique d'un extrait à cibler sélectivement les cellules tumorales tout en préservant les cellules saines **(Mosmann, 1983).**

Plusieurs recherches se sont intéressées aux espèces du genre *Anchusa* afin d'évaluer leur potentiel cytotoxique, en particulier vis-à-vis de lignées cellulaires cancéreuses humaines. À titre d'exemple, une étude portant sur *A. officinalis* a révélé une activité cytotoxique marquée, indiquant la présence de substances bioactives pouvant représenter des candidats prometteurs pour le développement de thérapies anticancéreuses.

Le tableau ci-dessous présente l'activité cytotoxique des extraits d'une espèce du genre ***Anchusa,*** obtenus à l'aide de différents solvants d'extraction.

Tableau 23 : Activité cytotoxique des différents extraits de l'espèce *A. officinalis*

Espèce	***Anchusa oficinallis***		
Origine	**Belkan**		
Extrait	**Cellules Hep 2** CI_{50} **(µg/ml)**	**Cellules RD** CI_{50} **(µg/ml)**	**Cellules L20B** CI_{50} **(µg/ml)**
Chloroforme	144.67 ± 2.12b	176.53 ± 0.54b	02.28 ± 4.10c
Acétate d'ethyle	173.39 ± 0.27a	188.89 ± 1.35a	150.34 ± 0.52b
Ethanol	135.44 ± 0.87c	187.49 ± 2.52a	147.17 ± 0.16b
Acétone	137.34 ± 1.30c	176.33 ± 0.25b	105.54 ± 2.42c
Ether de pétrole	176.77 ± 2.26a	120.57 ± 1.32c	159.35 ± 0.74a

Les extraits au chloroforme et à l'acétone de l'espèce **A. officinalis** ont démontré la plus forte activité cytotoxique contre la lignée cellulaire L20B**,** surpassant les autres extraits testés. Cette efficacité pourrait être attribuée à leur important pouvoir antioxydant, à la diversité des composés bioactifs qu'ils renferment, ainsi qu'à d'éventuels effets synergiques, en cohérence avec les résultats rapportés par **Ioku et al. (1995) et Chen & Chen (2013).**

III.2.4. Activité enzymatique

L'inhibition enzymatique constitue une approche thérapeutique essentielle dans la prévention et le traitement de nombreuses maladies chroniques. Par exemple, les enzymes digestives telles que l'α-amylase et l'α-glucosidase, impliquées dans l'hydrolyse des glucides et la libération de glucose, représentent des cibles majeures dans la prise en charge du diabète de type 2. Leur inhibition permet de ralentir l'absorption intestinale du glucose, contribuant ainsi à la régulation de la glycémie postprandiale **(Kumar et al., 2011).**

De même, l'acétylcholinestérase (AChE), enzyme responsable de la dégradation de l'acétylcholine dans le système nerveux central, est une cible clé dans le traitement des maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer. Son inhibition permet d'augmenter la disponibilité de l'acétylcholine, améliorant ainsi la neurotransmission cholinergique **(Orhan et al., 2007).**

Par ailleurs, la tyrosinase joue un rôle central dans la biosynthèse de la mélanine. Son inhibition est particulièrement recherchée dans le traitement des troubles pigmentaires, ainsi que dans la formulation de produits cosmétiques à effet dépigmentant **(Chang, 2009).**

Enfin, la lipase pancréatique, impliquée dans l'hydrolyse des triglycérides, facilite l'absorption des graisses alimentaires. Son inhibition représente une stratégie prometteuse dans le traitement de l'obésité, en réduisant l'absorption intestinale des lipides **(Birari & Bhutani, 2007).**

Les espèces appartenant au genre *Anchusa* se distinguent par leur potentiel d'inhibition de plusieurs enzymes clés. Elles présentent ainsi un intérêt croissant dans la recherche de composés bioactifs à visée thérapeutique. Les principales activités enzymatiques identifiées chez différentes espèces de ce genre sont présentées ci-après.

Tableau 24 : Activité enzymatique des extraits de différentes espèces d'*Anchusa*

Espèce						
	A. undulata				***A.ovata***	
Extrait	**α-Glucosidase (mmol ÉCA/g d'extrait)**	**AChE (µmol ÉGALAs/g d'extrait)**	**BChE (µmol ÉA.GAL/g d'extrait)**	**tyrosinase (mmol EA.kojique/d'extrait**	**lipase IC_{50} (µg/mL)**	**α-amylase IC50 (µg/mL)**
EMeOH	0.219 ±0.005	2.238 ± 0.115	1.239 ±0.017	0.339±0.004	53.7 ± 0.41	16.55 ± 1.84
EHex	-	-	-		501.18 ± 0.65	63 ± 1.8
EAc	-	-	-		331.1 ± 0.47	83.17 ± 0.44
EH2O	-	-	-		75.85 ± 0.62	72.44 ± 1.86

Reference	Abdulqadir, 2024	Jaradat, et al.,2017 Ali et al., 2006

Dans cette étude, l'extrait méthanolique de *Anchusa undulata* sous-espèce *hybrida* a été évalué pour son potentiel inhibiteur vis-à-vis de plusieurs enzymes biologiquement importantes : l'acétylcholinestérase (AChE), la butyrylcholinestérase (BChE), la tyrosinase, l'α-amylase et l'α-glucosidase.

La maladie d'Alzheimer (MA), principal trouble neurodégénératif, se caractérise par une altération persistante de la neurotransmission cholinergique, entraînant des troubles mnésiques et de la démence (Iwata et al., 2005). Le traitement symptomatique repose en partie sur l'inhibition des cholinestérases (AChE et BChE), permettant d'augmenter les concentrations d'acétylcholine dans le cerveau. Ainsi, les inhibiteurs de la cholinestérase jouent un rôle essentiel dans la prise en charge de la MA.

L'activité inhibitrice de l'extrait méthanolique sur l'AChE et la BChE a été déterminée par la méthode spectrophotométrique d'Ellman, les résultats étant exprimés en équivalents de galantamine (GALAEs). Les valeurs obtenues sont respectivement de 2,238 µmol GALAEs/g pour l'AChE et de 1,239 µmol GALAEs/g pour la BChE.

La tyrosinase, enzyme clé dans la biosynthèse de la mélanine, est impliquée dans divers troubles pigmentaires tels que les taches de vieillesse, les mélanomes ou les lentigos solaires (Chiari et al., 2011). Son inhibition constitue donc une approche thérapeutique prometteuse dans le traitement de ces affections dermatologiques. L'activité inhibitrice de l'extrait méthanolique sur la tyrosinase a été exprimée en équivalents d'acide kojique (KAEs), avec une valeur enregistrée de 0,339 mmol KAEs/g d'extrait.

Le diabète sucré, maladie métabolique chronique, est caractérisé par une hyperglycémie persistante due à un défaut de sécrétion ou d'action de l'insuline (Palanisamy et al., 2011 ; Asgar, 2013). Une stratégie thérapeutique efficace consiste à inhiber les enzymes digestives α-amylase et α-glucosidase, impliquées dans l'hydrolyse des glucides. L'extrait méthanolique a montré une activité inhibitrice plus marquée contre l'α-glucosidase (0,219 mmol ACEs/g) que contre l'α-amylase (0,193 mmol ACEs/g), les résultats étant exprimés en équivalents d'acarbose.

Par ailleurs, l'activité inhibitrice de l'α-amylase a également été évaluée pour différents extraits (hexanique, acétonique, méthanolique et aqueux) de *A. ovata*. Les valeurs IC_{50} contre l'α-amylase pancréatique porcine étaient respectivement de 63 ± 1,89, 83,17 ± 0,44, 16,55 ±

1,84 et 72,44 ± 1,86 µg/mL. À titre de comparaison, l'IC_{50} de l'acarbose (médicament antidiabétique commercial) était de 28,18 ± 1,22 µg/mL.

Enfin, l'activité antilipase a été étudiée à l'aide des mêmes extraits de *A. ovata*. Les résultats montrent une inhibition dose-dépendante de la lipase pancréatique, avec des valeurs IC_{50} de 501,18 ± 0,65 µg/mL (hexanique), 331,1 ± 0,47 µg/mL (acétonique), 53,7 ± 0,41 µg/mL (méthanolique) et 75,85 ± 0,62 µg/mL (aqueuse). Pour comparaison, l'IC_{50} de l'Orlistat, médicament anti-obésité de référence, était de 12,3 ± 0,35 µg/mL.

À la lumière de ces résultats, cette étude constitue, à la connaissance des auteurs, la première à rapporter l'activité inhibitrice de l'AChE, BChE, tyrosinase, α-amylase et α-glucosidase chez *A. undulata* subsp. *hybrida*, ainsi que les activités anti-α-amylase et antilipase chez *A. ovata*.

En somme, les données disponibles soulignent le potentiel thérapeutique considérable du genre *Anchusa*, en tant que source naturelle de composés bioactifs. Ces résultats encouragent la poursuite de recherches approfondies, notamment en matière d'isolement de principes actifs, d'études mécanistiques, et d'évaluations *in vivo*, en vue d'un éventuel développement pharmaceutique.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les recherches phytochimiques menées sur différentes espèces du genre *Anchusa* ont permis de mettre en évidence une grande diversité de composés bioactifs, en particulier les flavonoïdes et les alcaloïdes, qui confèrent à ces plantes un potentiel pharmacologique considérable.

D'une part, les flavonoïdes constituent le principal groupe de polyphénols identifiés. Parmi ceux retrouvés dans *A.strigosa*, *A. azurea* et *A. officinalis*, on recense des composés bien connus tels que la quercétine, le kaempférol, la lutéoline, l'apigénine et la naringénine, présents majoritairement sous forme de glycosides. Ces flavonoïdes, isolés à partir des parties aériennes, des fleurs ou de la plante entière, sont réputés pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, ainsi que pour leur rôle protecteur contre diverses pathologies dégénératives et inflammatoires.

D'autre part, les alcaloïdes représentent un autre groupe majeur de métabolites secondaires présents dans les espèces du genre *Anchusa.* Ces composés azotés, de nature hétérocyclique ou non, sont connus pour exercer des effets physiologiques puissants, même à faibles concentrations. Parmi eux, plusieurs alcaloïdes de type pyrrolizidine, tels que la rétronécine, la supinidine et la platynecine, ont été identifiés dans *A. strigosa*, *A. azurea*, *A. officinalis* et d'autres espèces apparentées. Ces substances, extraites de différentes parties de la plante (feuilles, racines, plante entière), jouent un rôle important dans la défense chimique contre les herbivores et les agents pathogènes, tout en présentant un intérêt pharmacologique non négligeable, notamment pour leurs effets anesthésiques ou anticancéreux.

En somme, les données disponibles confirment la richesse chimique et le potentiel thérapeutique du genre *Anchusa*. La présence conjointe de flavonoïdes et d'alcaloïdes suggère une synergie biochimique susceptible de contribuer au développement de nouveaux agents thérapeutiques d'origine naturelle, en cohérence avec les usages traditionnels.

Cependant, la toxicité potentielle de certains alcaloïdes, notamment ceux de type pyrrolizidine, impose une évaluation rigoureuse de leur innocuité avant toute application clinique ou formulation pharmaceutique. Ainsi, *Anchusa* représente un champ d'étude prometteur, tant pour la valorisation des pharmacopées traditionnelles que pour l'innovation en phytothérapie moderne, à condition de poursuivre les recherches à travers des études pharmacologiques, toxicologiques et cliniques approfondies.

Référence bibliographique

1. **Abdulqadir, A. H**. Et al. (2024). Aksaray University Journal of Science and Engineering, 8(1), 1–15.
2. **Lee, K. H. (2004).** Current developments in the discovery and design of new drug candidates from plant natural product lead compounds. Journal of Natural Products, 67(2), 273–283.
3. **Aghandous, R., & Soulaymani-Bencheikh, R.** (2010). Épidémiologie et stratégie nationale de lutte contre les intoxications au monoxyde de carbone. In Actes du 3e Congrès international de Toxicologie, Fès.
4. **Anonyme**. (1974). Encyclopédie – Le Grand Médical. L'histoire de la médecine et de la chirurgie, l'avenir de la médecine, les prix Nobel. Edition Service S.A., Genève (Suisse), p. 397.
5. **Arnold, N., Valentini, G., Bellomaria, B., & Laouer, H**. (1997). Comparative study of the essential oils from Rosmarinus eriocalyx Jordan & Fourr. From Algeria and R. Officinalis L. From other countries. Journal of Essential Oil Research, 9(3), 167–175.
6. **Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K**. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. Journal of Pharmaceutical Analysis and Insights, 6(2), 71–79.
7. **Bautista, P., Stubing, G., & Figuerola, R**. (1991). Guía de las plantas medicinales de la Comunidad Valenciana. Valencia: Las Provincias.
8. **Belhouala, K., & Benarda, B.** (2021). Medicinal plants used by traditional healers in Algeria: A multiregional ethnobotanical study. Frontiers in Pharmacology, 12, 1–23.
9. **Benkirane, R., El Khomsi, S., & Moutaouakkil, A.** (2022). Phytochemical screening and antioxidant activity of Anchusa italica extracts. Journal of Medicinal Plants Studies, 10(1), 45–52.
10. . **Boukef, M. K.** (1986). Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne. Paris: Agence de Coopération Culturelle et Technique.
11. **Boussoualim, A., Belkacem, N., & Benkacem, A.** (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Anchusa azurea growing in Algeria. Journal of Essential Oil Research, 30(2), 101–108.
12. **Bremer, K., Bremer, B., & Thulin, M.** (2003). Introduction to phylogeny and systematics of flowering plants (p. 102). Uppsala University.
13. **Bruneton, J.** (1993). Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants (2e éd., pp. 843–847). Paris, France: Lavoisier.
14. **Chebaro, Z., Abdallah, R., Badran, A., Hamade, K., Hijazi, A., Maresca, M., et al.** (2023). Study of the antioxidant and anti-pancreatic cancer activities of Anchusa strigosa aqueous extracts obtained by maceration and ultrasonic extraction techniques. Frontiers in Pharmacology, 14.
15. **Chebaro, Z., Badran, A., Maresca, M., Baydoun, E., & El-Mesmar, J. (2023).** Ethnopharmacology and therapeutic potential of Anchusa strigosa: a comprehensive review. Frontiers in Pharmacology, 14, 1301154.
16. **Chen, A. Y., & Chen, Y. C.** (2013). A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. Food Chemistry, 138(4), 2099–2107.

17. **Chevallier, A.** (2001). Encyclopédique des plantes médicinales : identification, préparation, usages (2e éd., 335 p.). Paris : Larousse.
18. **Chaberier, J.-Y**. (2010). Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie (Mémoire de doctorat en pharmacie). Université Henri Poincaré – Nancy 1.
19. **Ciocarlan, A., Popa, M. E., & Morar, R.** (2021). Phytochemical screening of flavonoid compounds from roots and aerial parts of Anchusa ochroleuca and their antioxidant capacity. Revista de Chimie, 72(7), 157–162.URL:
20. **Clément, R. P.** (2005). Aux racines de la phytothérapie : entre tradition et modernité (1ère partie) À Législation. Four, 171, 5.
21. **Cronquist, A.** (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. New York: Columbia University Press.
22. **Danet, A. F.** (2021). Recent Advances in Antioxidant Capacity Assays. In Antioxidants (Working Title). IntechOpen.
23. **Delaveau, P.** (1987). Les épices : histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Paris: Albin Michel.
24. **El Khomsi, I., Wahby, I. S., & Benkhnigue, O**. (2022). Quantification of total flavonoids and polyphenols in leaves and roots extracts of Anchusa italica Boiss. And evaluation of their antioxidant properties. Phytochemistry Letters, 45, 28–34.DOI:
25. **El Khomsi, S., Benkirane, R., & Moutaouakkil, A.** (2022). Phytochemical screening and antioxidant activity of Anchusa italica extracts. Journal of Medicinal Plants Studies, 10(1), 45–52.
26. **. Eruygur, N., Üstün, O., & Akça, K. T.** (2018). Biological activity studies on the aqueous methanol extract of Anchusa undulata L. Subsp. Hybrida (Ten.) Coutinho. Journal of Research in Pharmacy, 22(1), 29–36.https://doi.org/10.12991/jrp.2018.75
27. **Favier, A**. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique, 11, 108–115.
28. **Fintelmann, V., & Weiss, R. F**. (2004). Practical Handbook of Phytotherapie. Paris : Vigot.
29. **Ghalib, K. H., & Kadhim, S. K. (**2021). Phytochemical analysis and biological activities of Anchusa strigosa. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 13(3), 78–85.
30. **Ghalib, S. A., & Kadhim, E. J.** (2021, June 19). The investigation of some phytochemical compounds found in Anchusa strigosa L. Grown naturally in Iraq. Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences, 30(1), 179–188.40.
31. **Ghalib, M. K., & Kadhim, H. K**. (2021). Phytochemical investigation of flavonoids in aerial parts of Anchusa strigosa and their biological activities. Journal of Medicinal PlantsStudies,9(4),2027.
32. **Hamel, T., Sadou, S., Seridi, R., Boukhdir, S., & Boulemtafes, A**. (2018).Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). Ethnopharmacologia, 59, 75–81.
33. **Hosseinzadeh, H., Sadeghnia, H. R., & Ghorbani, A**. (2015).Historical uses of medicinal plants in ancient civilizations. Journal of Herbal Medicine, 4(2), 123–130.

34. **Hussain, S., Shah, S. M., Ali, F., Ullah, F., Sadozai, S. K., Bangash, H. H., & Hussain, T.** (2023).Chemical composition, antioxidant, and anticancer potential of Anchusa arvensis. Phytopharmacological Communications, Article No. 434.
35. **Hussain, F. H. S., Ahamad, J., & Osw, P. S.** (2019).A comprehensive review on pharmacognostical and pharmacological characters of Anchusa azurea. Advances in Medical, Dental and Health Sciences, 2(3), 33–37.
36. **Ioku, K., Tsushida, T., Takei, Y., Nakatani, N., & Terao, J.** (1995).Antioxidative activity of quercetin and quercetin monoglucosides in solution and phospholipid bilayers. BBA – Biomembranes, 1234(1), 99–104.
37. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences
38. **Jawhari, F. Z., El Moussaoui, A., Bourhia, M., Imtara, H., Mechchate, H., Es-Safi, I., Ullah, R., Ezzeldin, E., Mostafa, G. A., Grafov, A., & autres**. (2020).Anacyclus pyrethrum (L.): Chemical composition, analgesic, anti-inflammatory, and wound healing properties. Molecules, 25(22), 5469.
39. **Kerharo, J., & Adam, J.-G.** (1974). La pharmacopée sénégalaise traditionnelle : plantes médicinales et toxiques. Paris : Vigot frères.
40. **Kočevar Glavač, N., & Lunder, M.** (2018).Preservative efficacy of selected antimicrobials of natural origin in a cosmetic emulsion. International Journal of Cosmetic Science, 40, 276–284..
41. **Koz, O., Pizza, C., & Kırmızıgül, S.** (2009).Triterpene and flavone glycosides from Anchusa undulata subsp. Hybrida. Natural Product Research, 23(3), 284–292.
42. **Kuruüzüm-Uz, A., Güvenalp, Z., Kazaz, C., & Demirezer, L. Ö**. (2013).Phenolic compounds from the roots of Anchusa azurea var. Azurea. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 10(2), 177–184.
43. **Kuruüzüm-Uz, A., Tümen, G., & Öztürk, M**. (2013).Flavonoid glycosides from roots of Anchusa azurea Mill. And their antioxidant activity. Journal of Natural Products, 76(6), 1191–1196.
44. **Kuruüzüm-Uz, A., Sancak, C., & Gören, A. C.** (2013).Phytochemical constituents of Anchusa azurea and their antioxidant activities. Natural Product Research, 27(22), 2031–2035.
45. **Larrey, D.** (1997).Hepatotoxicity of herbal remedies. Journal of Hepatology, 26(Suppl. 1), 47–51.
46. **Lisa, L.** (2017).Les plantes médicinales pyrénéennes et leurs utilisations thérapeutiques dans les pathologies bénignes (Thèse de doctorat). Université de Bordeaux.
47. Läkemedelsverket [Agence suédoise des produits médicaux]. (2014).Information de Läkemedelsverket (N° 2, 2014). Uppsala, Suède : Läkemedelsverket.
48. **Millogo, A., Nitiéma, I., & Traoré, A.** (2005).Les intoxications au monoxyde de carbone au Burkina Faso : aspects épidémiologiques et prévention. Publication du Centre Anti-Poison d'Alger, Ministère de la Santé, Burkina Faso.

49. **Mosmann, T.** (1983).Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. Journal of Immunological Methods, 65(1–2), 55–63.
50. **Mouffouk, S., Mouffouk, C., Bensouici, C., & Haba, H.** (2020).In vitro cytotoxic effect, hemolytic and antioxidant activities of the Algerian species Nonea vesicaria Rchb. Current Bioactive Compounds, 16(8), 1197.
51. **Nacoulma-Ouédraogo, O.** (1996).Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso : cas du Plateau central (Thèse de Doctorat, Sciences Naturelles). Université d'Ouagadougou, Burkina Faso. 605 p.
52. **Néron, M.** (1952).Histoire des plantes médicinales (3e éd.). Paris : Vigot frères. Pp. 20, 22, 30–31.
53. **Nogaret-Ehrhart, A.-S.** (2011).La phytothérapie : se soigner par les plantes. Paris, France : Groupe Eyrolles.
54. **Newall, C. A., Anderson, L. A., & Phillipson, J. D**. (1996).Herbal Medicines: A Guide for Health-Care Professionals. London: The Pharmaceutical Press.
55. **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé). (2015).Antibiotiques : à manipuler avec précaution. Genève : Organisation Mondiale de la Santé.
56. **Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Simons, A.** (2009).Agroforestree Database: A Tree Reference and Selection Guide Version 4.0 [Base de données].Consulté le 31 décembre 2012.
57. **Osw, P. S., & Hussain, F. H.** (2020).Isolation of Kaempferol 3-O-Rutinoside from Kurdish plant Anchusa italica Retz. And bioactivity of some extracts. Eurasian Journal of Science & Engineering, 6(2), 141–156.
58. **Papageorgiou, V. P., Assimopoulou, A. N., & Ballis, A. C.** (2008).Alkannins and shikonins: A new class of wound healing agents. Current Medicinal Chemistry, 15(30), 3248–3267.
59. **Pibiri, M. C**. (2006).Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles (Thèse de doctorat). École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).
60. **Puusepp, L., & Koff, T.** (2014).Pollen analysis of honey from the Baltic region, Estonia. Grana, 53(1), 54–61.
61. **Quattrocchi, U.** (2012).CRC World Dictionary of Medicinal and Poisonous Plants: Common Names, Scientific Names, Eponyms, Synonyms and Etymology (Vol. 3, pp. 1283–1284). Boca Raton, FL: CRC Press.
62. **Radulović, N., Blagojević, P., Stojanović, G., & Palić, R**. (2020).Bioactive compounds and medicinal properties of Anchusa officinalis. Phytochemistry Reviews, 19(4), 789–803.
63. **Rauter, A. P., Martins, A. L., Lopes, R., Ferreira, J., Serralheiro, L. M., Araújo, M., Borges, C., Justino, J., Silva, F., Goulart, M., Thomas-Oates, J., Rodrigues, J. A., Edwards, E., Noronha, J., & Mota-Filipe, H. R. P**. (2009).Bioactivity studies and chemical profile of the antidiabetic plant Genista tenera. Journal of Ethnopharmacology, 122, 384–393.

64. **Riotte, B.** (2015).Mon guide cosmétique naturelle (Éd. Française, 97 p.). Paris, France : Lulu Press.ISBN 978-1-326-21297-1
65. **Rigat, M., Bonet, M. A., Garcia, S., Garnatje, T., & Vallès, J**. (2007).Studies on pharmaceutical ethnobotany in the high River Ter valley (Pyrenees, Catalonia, Iberian Peninsula). Journal of Ethnopharmacology, 113, 267–277.
66. **Sanago, R**. (2006).Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université de Bamako (Mali), 53 p.(Mémoire universitaire sur l'usage traditionnel des plantes au Mali)
67. **Saxena, R., Patil, P., & Khan, S. S.** (2010).Screening for phytochemical analysis of Eucalyptus globulus Labill. And Emblica officinalis Gaertn. Nanobiotechnica Universale, 1(2), 103–106.
68. **Seyhan, S. A.** (2019).RNA interference (RNAi) therapy: A potential therapeutic platform for COVID-19. EXCLI Journal, 18, 263–270.
69. **Svirska, S. P.** (2021).The study of fatty acids in Anchusa officinalis L. Herb of the Ukrainian flora. News of Pharmacy, 2(102). Ivano-Frankivsk National Medical University, Ukraine.
70. **Sofowora, A.** (2010).Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique (Trad. Française). Paris : Éditions Karthala.(Ouvrage de référence en ethnopharmacologie africaine)
71. **Taban, K., Eruygur, N., & Üstün, O**. (2018).Biological activity studies on the aqueous methanol extract of Anchusa undulata L. Subsp. Hybrida (Ten.) Coutinho. Journal of Research in Pharmacy, 22(1), 29–36.
72. **Taban, K., et al.** (2016).Phenolic compounds from the roots of Anchusa azurea var. Azurea. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences, 13(2), 177–184.
73. **Terniche, N., & Tahanout, F**. (2018).Contribution à une enquête ethnobotanique des plantes médicinales dans la wilaya de Tizi Ouzou (Mémoire de doctorat en pharmacie). Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
74. **Tille, P.** (2015).Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology (14e éd.). London: Elsevier Health Sciences.
75. **Tsermentseli, S. K., Assimopoulou, A. N., Gianovits-Argyriadou, N., Kanaze, F. I., & Papageorgiou, V. P.** (2008).Phytochemical analysis of Anchusa arvensis roots. Planta Medica, 74, PC53.
76. **Vidic, D., Maksimović, M., & Maksimović, Z.** (2013).Essential oil composition of Anchusa barrelieri (All.) Vitman from Bosnia.
77. **Wang, L., Xu, H., Sun, Z., et al.** (2025).Étude intégrative de la microstructure et de la composition chimique de la fleur d'Anchusa italica Retz. Scientific Reports, 15, 6366.
78. W.HO. (World Health Organization). (2015).A report of the consultation meeting on traditional and modern medicine: Harmonizing two approaches. Beijing–Geneva, 22–26p.Yarmolinsky, L., Budovsky, A., Khalfin, B., Yarmolinsky, L., & Ben-Shabat, S. (2022).
79. Medicinal Properties of Anchusa strigosa and Its Active Compounds. Molecules, 27(23), 8239.

80. **Zeghad, N.** (2009).Étude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (Thymus vulgaris, Rosmarinus officinalis) et évaluation de leur activité antibactérienne (Mémoire de Magister, option : Biotechnologie végétale). Université de Mentouri, Constantine.
81. **Zunk, M.** (2020).Antioxidant properties and reported ethnomedicinal use of the genus Echium (Boraginaceae). Antioxidants, 9(8), 722.
82. **Zargari**, **A**. (1992).Medicinal Plants (Vol. 3, pp. 526–528). Tehran, Iran: Tehran University Publications.
83. https://www.france-mineraux.fr/phytotherapie/guide-plantes-medicinales/buglosse-officinale/
84. https://plantes-avenue.fr/3508-buglosse-anchusa?srsltid=AfmBOop5Of5ZR2_oMVwtYUmL84SIVgfL0eT6Q-CWQyzOtvon_ZNT3cx0