

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي سكيكدة
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE D'ENSEIGNEMENT TECHNOLOGIQUE DE SKIKDA
قسم العلوم الطبيعية
DÉPRTEMENT DES SCIENCES NATURELLES



Mémoire de fin d'étude

مذكرة التخرج

من إعداد:

Izemmouren Douaa

Laifa Ouïam

En vue de l'obtention du diplôme: Professeur d'Enseignement Moyen

لنيل شهادة: أستاذ التعليم المتوسط

Thème:

الموضوع:

Screening phytochimique, profil spectral et activité antibactérienne de
l'extrait aqueux de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso).

لجنة المناقشة:

تحت إشراف الأستاذ: بوغنجيو هشام.

الدكتور: مزيري فيصل (رئيسا).

الدكتور: خلاوي محمد صبري (مناقشا).

Promotion Juin 2025 دفعة جوان

Résumé:

L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) appelée communément (Shih) est une plante médicinale et aromatique utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle algérienne. Notre travail à porter sur;

- 1- Une étude phytochimique (Screening) de l'extrait aqueux des tiges et des feuilles, permettant l'identifier de certains groupes chimiques bioactifs (flavonoïdes, saponosides, alcaloïdes, tanins.....etc).
- 2- Le profil spectral de l'extrait aqueux.
- 3- Etude du pouvoir antibactérien de l'extrait aqueux, les tests antibactériens se révèlent positif.

Mots clés: Armoise blanche, *Artemisia herba-alba* Asso, extrait aqueux, groupes chimiques bioactifs, activité antibactérienne.

Abstract:

White mugwort (*Artemisia herba-alba* Asso), commonly known as Shih, is a medicinal and aromatic plant that has long been used in traditional Algerian medicine. Our work focused on the;

- 1- Phytochemical screening of the aqueous extract of the stems and leaves, allowing the identification of certain bioactive chemical groups (flavonoids, saponins, alkaloids, tannins, etc.).
- 2- The spectral profile of the aqueous extract.
- 3- Study of the antibacterial power of the aqueous extract, the antibacterial tests are positive.

Key words: White mugwort, *Artemisia herba-alba* Asso, aqueous extract, bioactive chemical groups, antibacterial activity.

الملخص:

نبات القدرح الأبيض (*Artemisia herba-alba* Asso) هو نبات طبي و عطري يستخدم لفترة طويلة في الطب الجزائري التقليدي. يرتكز عملنا على محورين؛

1. دراسة كيميائية نباتية للمستخلص المائي لسيقان و أوراق نبات *Artemisia herba-alba* Asso و الذي كشف عن وجود بعض المجموعات الكيميائية: الفلافونويدات، السابونوسيدات، القلويدات و العفص.

2. الملامح الطيفية للمستخلص المائي.

3. دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلص المائي، حيث كانت الاختبارات إيجابية.

الكلمات المفتاحية: نبات القدرح الأبيض (الشيخ)، *Artemisia herba-alba* Asso، مستخلص مائي، المجموعات الكيميائية النشطة بيولوجيا، النشاط المضاد للبكتيريا.

Remerciements

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبتوفيقه نصل، وبإلطفه نتجاوز الصعوبات. نحمده على ما منحنا من قوة وصبر ويقين، وعلى نوره الذي أثار لنا هذا الطريق حتى نهايته.

نتقدّم بجزيل الشكر والامتنان لأستاذنا المشرف الأستاذ **بوغنجيوه هشام**، على ما بذله من جهد، وعلى ما قدّمه من توجيه ودعم طوال فترة إنجاز هذا البحث العلمي. كان لحسن إشرافه ودقّة ملاحظاته الأثر البالغ في الوصول بهذا العمل إلى صورته النهائية.

كما نتوجّه بخالص الشكر والتقدير لأعضاء لجنة المناقشة الموقّرين: **الدكتور مزيري فيصل** ممتحننا و **الدكتور خلفاوي محمد صبري** مناقشا، إن مشاركتهم في مناقشة هذا العمل شرف نعتز به.

ولا يفوتنا أن نخص بالشكر **الآنسة بوقروة ريان**، التي أشرفت على الجانب التطبيقي من هذا العمل، وكانت داعمة ومشجعة له بكل كفاءة وتفانٍ، فشكراً لها على كل ما قدمته من علم ووقت ومرافقة.

كما نوجّه شكرنا إلى **الدكتور شاوش راجح**، رئيس قسم العلوم الطبيعية، على دعمه وتوفيره للبيئة الملائمة للطلبة، وكذلك إلى الطاقم الإداري، الذين لم يتوانوا يوماً عن المساعدة.

وختاماً، نعبر عن امتناننا العميق لكل من ساندنا، من قريب أو بعيد، ولكل من كان له أثر جميل في هذا الإنجاز... فشكراً لكم جميعاً من القلب.

Dédicaces

الحمد لله على نعمه التي لا تُعدّ ولا تُحصى، وعلى عطائه الذي لا ينفذ، الذي بلطفه يسّر، وبرحمته وفق، وبنوره أنار دربي في كل خطوة من هذه الرحلة العلمية. أحمده تعالى أن منحني القوة حين ضعفت، والصبر حين تعبت، والأمل حين خبت أنوارى. وما هذا العمل إلا ثمرة توفيقه، وفضل من فيض كرمه، فله الشكر أولاً وآخرًا.

أهدي هذا العمل أولاً إلى والديّ العزيزين، **أبي وأمي**، الداعمين الأوفياء، والسند الذي لا يميل. لقد كانا مصدر قوتي، ونبض إيماني، وعاونًا لي في كل مراحل حياتي. لا تسعفني الكلمات لأوفيها حقها على ما قدّمه لي من دعم نفسي ومادي، وما منحاني من حبّ غير مشروط، وصبر لا ينضب. إليهما يعود الفضل بعد الله في كل ما أنجزته، وكل ما وصلت إليه.

إلى أخي الحبيب منيب،

أهديك كلماتٍ يفيض بها قلبي شكرًا وامتنانًا، فلقد كنت لي أكثر من أخ؛ كنت رفيقًا في العثرات، وسندًا في الأوقات العصيبة، وملاذًا في لحظات الضعف والتعب. دعمك المتواصل، واهتمامك الصادق، وحرصك الدائم على راحتي، كان له بالغ الأثر في تجاوزي للكثير من الصعوبات. أنت من آمن بي حين شككت في نفسي، ومن منحني القوة حين خارت قواي. فلك مني كل الحب والتقدير، ولروحك الطيبة دعائي الدائم بأن يبارك الله لك في أيامك كما باركت لي أيامي بحضورك. كما أهدي هذا العمل إلى صديقتي ورفيقة دربي **العيفة وثام**، التي جمعتني بها المواقف الصعبة واللحظات الجميلة. كانت نعم الصديقة والأخت، بشخصيتها القوية، وإخلاصها، ومثابرتها. وجودها إلى جانبي خفف عني الكثير، وجعل الطريق أقلّ وعورة وأكثر إشراقًا.

ولا يفوتني أن أوجه شكري الخالص إلى صديقتي في الدفعة، اللاتي لم يبخلن عليّ بالتشجيع والدعم. لقد كنّ عونًا في أوقات التعب، ورفيقات في لحظات الفرح والنجاح.

كما أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى جميع الأساتذة الذين أشرفوا على تعليمي منذ بداياتي الدراسية وحتى اليوم. وأخص بالذكر أساتذة المدرسة العليا للأساتذة، الذين أضاءوا لي درب المعرفة بعلمهم الغزير، وتوجيههم البناء، وصبرهم، وحرصهم الصادق على تكوين جيل واعٍ ومؤهل. لقد كان لهم الأثر العميق في تشكيل شخصيتي الأكاديمية والإنسانية.

وأخيرًا، إلى كل من ساندني بكلمة طيبة، أو فعل كريم، أو دعاء صادق، أقول: شكرًا من القلب. هذا العمل هو ثمرة رحلة طويلة، شاركني فيها من أحبّوني وآمنوا بي، وكانوا نورًا في دربي، وسندًا في كل محطة.

إزمورن دعاء.

الحمد لله الذي علّمني أن السعي لا يضيع، وأن في الصبر مفاتيح الفرج، وأن الدعاء يصنع المعجزات.
الحمد لله أولاً وآخراً، ظللاً دائماً لا يزول، والحمد لمن منحني الأمل حين أظلم الطريق، وأعانني حتى وصلت.

إلى أبي...

سندي وقت الميل، وصمتي وقت الضجيج. كنتَ الجدار الذي احتميتُ به، كل تعبك كان نوراً لطريقي... لو كان للفضل لغة، لكنت صورتك.

إلى أمي...

أول يد أمسكت بي نحو النور، وآخر دعاء رافقني إلى النجاح. قرأتني أكثر مما قرأت الكتب، وآمنت بي أكثر مما آمنتُ بنفسِي. كل قهوة سهرت بها معي كانت طريقاً للنجاح. لو أن العلم يهدى، لأهديتك شهادتي.

إلى أخواتي العزيزات... سعاد، وفاء، ندى، فلة، ونورة

كنتن الأمان، والرفقة، والدعم الصامت والمحِب. كل واحدة منكن كانت وطناً صغيراً، تسبق عطاؤها كلماتها، وتغمرنِي بوجودها. حبكُن سندي في كل مراحل الطريق، ونورٌ رافقني حتى خط النهاية.

إلى إخوتي الأحبة... عز الدين، وليد، وإسلام

كنتم القوة حين ضعفت، والصوت الذي شجّع، واليد التي امتدت دون طلب. في كل خطوة، كان لكم أثر، وفي كل فرحة، كنتم الحضور الأجل. شكراً لأنكم دائماً كنتم هناك.
إلى أنس وغيث...

ضحكتان زينتا البيت، وبهجة كبرت معنا. وجودكما كان زينة الأيام، وخاتمة التعب الجميلة.

إلى دعاء...

صديقتي العزيزة، زميلتي في المذكرة، ورفيقة دربي في هذه الرحلة...

كنت دائماً إلى جانبي بخفة روحك وصدقك، في لحظات التعب، والضغط، والتوتر. تقاسمنا السهر والجهد، وتقاسمنا الضحك والدعاء. وجودك كان نعمة فيريقي، وشراكتك في هذه المرحلة جعلتها أسهل وأجمل. شكراً لك من القلب... على كل لحظة، وكل دعم، وكل خطوة مشيناها معاً.

وأخيراً... إليّ، إلى نفسي،

يا من صبرت، وسهرت، وبكيت، ثم نهضت... اليوم أقول لك: فعلتها. لم يكن الطريق سهلاً، لكنك وصلت، وأنا فخورة بك.
وثام العيفة.

SOMMAIRE

Titre	Page
Introduction	10
PARTIE THEORIQUE	
Chapitre I: Les plantes médicinales et aromatiques	
1. Historique	14
2. Définition	18
3. Les types des plantes médicinales selon l'origine	21
4. la phytothérapie	21
5. Les composition chimique des plantes médicinales	23
6. Mode de récolte des plantes médicinales et aromatiques	25
7. Les parties des plantes médicinales utilisées	27
8. Les formes de préparation des plants médicinales et aromatiques	28
9. Les formes d'emploi des plantes médicinales et aromatiques	29
10. L'utilisation des plantes médicinales et aromatiques	31
11. Les bienfaits des plantes médicinales	36
12. Les inconvénients des plantes médicinales	37
Chapitre II: Métabolites secondaires	
1. Généralité sur les métabolites secondaires	40
2. Définition des métabolites secondaires	41
3. Classification des métabolites secondaires	41
4. L'accumulation des métabolites secondaires et leur évolution	59
5. Les propriétés biologiques des métabolites secondaires	59
Chapitre III: <i>Artemisia herba-alba</i> Asso	
1. Présentation	63
2. Répartition géographique	64
3. Nomenclature de la plante	67
4. Classification	67
5. Description botanique	69
6. Composition biochimique et valeur énergétique de l'Armoise blanche	74
7. Cytogénétique et caryologie	76
8. Biologie et adaptation	77
9. Ecologie de la plante	79
10. L'intérêt et l'utilisation	81
11. Les activités biologiques de l'armoise blanche	83
12. La toxicité	88
Partie pratique	
Matériels et méthodes	
1. Choix du matériel végétal	91

2. Échantillonnage	91
3. Screening phytochimique	91
3.1. Préparation de l'extrait aqueux	91
3.1.1. Saponines	91
3.1.2. Tannins	91
3.1.3. Terpènes	91
3.1.4. Flavonoïdes (Teste d'ammoniaque)	91
3.1.5. Alcaloïdes (Teste de Wagner)	91
4. Spectrométrie de l'absorbance	92
5. Activité antibactérienne	93
5.1. Microorganismes utilisés	93
5.2. Méthode de l'aromatogramme	93
5.3. Méthode des puits	94
5.4. Lecture	94
Résultats et discussion	
1. Screening phytochimique	96
2. Spectrométrie de l'absorbance	96
3. Activité antibactérienne	98
Conclusion	102
Références bibliographiques	104

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau n° 01 : L'usage de quelques plantes aromatiques en alimentation.	32
Tableau n° 02 : L'usage de quelques plantes aromatiques en cosmétique.	33
Tableau n° 03 : Principales classes des composés phénoliques.	51
Tableau n° 04 : Classes et structures des terpènes.	57
Tableau n° 05 : Classification de l'espèce <i>Artemisia herba-alba</i> Asso.	68
Tableau n° 06 : Composition biochimique de l'Armoise blanche.	74
Tableau n° 07 : Composition biochimique et valeur énergétique de l'Armoise blanche.	76
Tableau n° 08 : Résultats du screening phytochimique.	96
Tableau n° 09 : Interprétation du spectre UV visible de l'extrait aqueux d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso.	97
Tableau n° 10 : Halos d'inhibition en (mm) provoqués par l'extrait aqueux.	98

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure n° 01: Couverture du livre Papyrus Ebers (Ancient Egyptian Medicine).	15
Figure n° 02: La première page du livre d'Hippocrate (Le Corpus Hippocraticum).	16
Figure n° 03: Cinq pages du manuscrit de Shalihotra.	17
Figure n° 04: Exemple d'un manuscrit (Le Pen Ts'ao).	18
Figure n° 05: Quelques plantes médicinales et aromatiques.	20
Figure n° 06: Plan des deux types de métabolisme végétal.	24
Figure n° 07: Relation entre le métabolisme primaire et le métabolisme secondaire.	25
Figure n° 08: Structure général d'une plante à fleur.	27
Figure n° 09: 01(Bois), 02(rhizomes), 03(bulbes), 04(sommités fleuries), 05(Grains), 06(queue des fruits).	27
Figure n° 10: 01(Tizane), 02(Poudre), 03(Teinture), 04(Huile essentiel), 05(Fumigation), 06(Sirop), 07(Lotion), 08(Gargarisme), 09(Pommade).	30
Figure n° 11: Structure de l'acide Shikimique.	42
Figure n° 12: Molécule de phénol.	43
Figure n° 13: Structure chimique des acides hydroxybenzoïques.	44
Figure n° 14: Principaux acides hydroxycinnamiques.	44
Figure n° 15: Structure de base du flavonoïde.	45
Figure n° 16: Structure chimique de quelques flavonols.	46
Figure n° 17: Structure chimique des flavones.	46
Figure n° 18: Structure chimique des flavanones.	47
Figure n° 19: Structure chimique des isoflavones.	47
Figure n° 20: Structure chimique des flavan-3-ols.	48
Figure n° 21: Structure des anthocyanidines les plus courants.	49
Figure n° 22: Structure des Tanins.	49
Figure n° 23: Structures de deux tanins hydrosolubles.	50
Figure n° 24: Structure d'un tanin condensé.	51
Figure n° 25: Structure de quelques alcaloïdes.	52
Figure n° 26: Structures de (A) spirostane et (B) furostane saponines.	53
Figure n° 27: Structure chimique de la nouvelle saponine tri-terpénique.	54
Figure n° 28: Structure de l'unité de base: isoprène.	56
Figure n° 29: La Vanilline.	58
Figure n° 30: <i>Artemisia herba halba</i> .	64

Figure n° 31: Aire de répartition de l'armoise blanche.	65
Figure n° 32: Situation de la steppe en Algérie.	66
Figure n° 33: Aire de distribution d' <i>Artemisia herba alba</i> en Algérie.	66
Figure n° 34: Morphologie général d' <i>Artemisia herba alba</i> .	69
Figure n° 35: Partie souterraine de l'armoise blanche.	70
Figure n° 36: Morphologie de la touffe d' <i>Artemisia herba alba</i> . (A) : Touffe non pâturée ; (B) : Touffe pâturée.	71
Figure n° 37: Morphologie de la feuille d' <i>Artemisia herba alba</i> .	72
Figure n° 38: Morphologie de la fleur d' <i>Artemisia herba alba</i> .	73
Figure n° 39: Formes et tailles de la feuille de l'Armoise blanche.	78
Figure n° 40: Caractéristiques climatiques de l'Armoise blanche.	80
Figure n° 41: Caractéristiques pédologiques de l'Armoise blanche.	81
Figure n° 42: Sites d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne.	88
Figure n° 43: Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé.	93
Figure n° 44: Spectre UV visible de l'extrait aqueux d' <i>Artemisia herba-alba</i> Asso.	97
Figure n° 45: Inhibition obtenu pour les souches bactériennes.	99

Introduction:

L'exploitation des ressources végétales par l'homme remonte à l'antiquité et s'accroît constamment jusqu'à ce jour. Celles-ci jouèrent un rôle fondamental dans sa nutrition, puis, à travers ses expériences rudimentaires, il put les utiliser pour se soigner. Aujourd'hui, les plantes occupent une grande place dans les recherches scientifiques thérapeutiques et sont systématiquement utilisées en médecine moderne et traditionnelle pour leurs propriétés curatives indénombrables. Leur efficacité relève de leurs principes actifs importants et différents (**Gitishree et al., 2022**).

Diverses substances phytochimiques actives appelées « métabolites secondaires » sont à l'origine de nombreuses propriétés thérapeutiques des plantes médicinales, à titre indicatif, les polyphénols (**Shay et al., 2015**). Ces métabolites sont distribués dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois), vu leurs intérêts multiples, elles trouvent des débouchés dans le secteur médical, alimentaire, pharmaceutique et commercial (**Twaij and Hasan, 2022**).

En 2002, l'OMS (Organisation mondiale de la santé) a estimé que plus de 80 % de la population africaine utilisent la médecine traditionnelle pour répondre à leurs besoins de soins et de santé. Les connaissances et les pratiques médicinales traditionnelles ont été transmises d'une génération à l'autre sous forme de tradition orale.

En Algérie, l'utilisation des plantes médicinales est très répandue et bien développée. En effet, notre pays se caractérise par sa diversité florale : méditerranéenne, saharienne, et paléo-tropicale, la richesse de cette flore est estimée à plus de 3 000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques (**Djebrane et al., 2021**). En revanche, la grande partie de cette ressource précieuse est encore peu explorée et peu étudiée sur le plan pharmacologique (**Miara et al., 2019**).

Artemisia herba-alba Asso, appelée aussi « Armoise herbe blanche » et appelée « Shih » en vernaculaire Algérien, est une espèce de la famille des Astéracées qui pousse spontanément dans les zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen.

Cette plante médicinale est largement utilisée dans la pharmacopée Algérienne et la médecine traditionnelle, elle est également proposée comme formule

pharmaceutique ou nutraceutique préventive contre quelques affections (**Ayad et al., 2022**) dont les problèmes digestifs (diarrhée et maux de ventre) et respiratoires (bronchite et toux) (**Ait-Kaki et al., 2018**).

Dans ce contexte, il nous a semblé intéressant de consacrer ce présent travail à l'étude de l'espèce « *Artemisia herba alba* » qui est très utilisée dans la médecine traditionnelle.

Les objectifs de cette étude sont l'identification des différents groupes chimiques bioactifs (flavonoïdes, saponosides, alcaloïdes, tanins....etc) de la partie aérienne de la plante via un screening phytochimique, et l'évaluation de l'activité antibactérienne de son extrait aqueux.

Le manuscrit est axé sur deux parties :

- La première comprend une synthèse bibliographique portant sur les plantes médicinales et aromatiques, les métabolites secondaires, la présentation de l'Armoise « *herba alba* ».
- La deuxième partie décrit les différentes techniques utilisées lors du travail expérimental, la présentation des résultats obtenues et leur discussion.

PARTIE THEORIQUE.

Chapitre I: Les plantes médicinales et aromatiques.

1. Historique:

Les plantes ont toujours été une source majeure de médicaments grâce à leur richesse en métabolites secondaires. Depuis des millénaires, les plantes médicinales ont été utilisées pour traiter de nombreuses maladies humaines en raison de leurs molécules aux propriétés thérapeutiques. En observant la nature, on a même découvert que les animaux sauvages utilisent instinctivement certaines plantes pour se soigner. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que progressivement, facilité par l'organisation des rapports sociaux, notamment à partir du néolithique (8000 ans avant J.-C.) (CTA, 2007).

Dans les temps préhistoriques, un large éventail de plantes, y compris des herbes et des épices que nous utilisons encore aujourd'hui, étaient employées à des fins médicinales. Bien que leur efficacité n'ait pas toujours été scientifiquement prouvée, ces plantes jouaient un rôle crucial dans la santé et la survie des communautés. Les épices, en particulier, étaient très prisées pour leurs propriétés antibactériennes, aidant à prévenir la détérioration des aliments, surtout dans les climats chauds et pour la conservation de la viande, qui se gâtait rapidement. Les angiospermes (plantes à fleurs) ont joué un rôle particulièrement important dans l'établissement des communautés humaines. Ces plantes, qui produisent des herbes médicinales telles que l'ortie et le houblon, attiraient les humains qui s'installaient à proximité de ces sources de ressources (2022، سرحان).

1.1. Dans les civilisations anciennes:

L'utilisation d'herbes médicinales et aromatiques était connue dans les civilisations anciennes, et chaque civilisation avait sa propre façon de soigner avec les herbes, et on distingue les suivantes:

1.1.1. Civilisation Egyptienne:

Le Papyrus Ebers est le premier recueil connu consacré aux PAM (Koemoth, 2010). Ce Papyrus contient plus de 700 formules magiques, recettes et remèdes dont les formes sont à la fois diverses et complexes : collyres, bains de bouches, infusions, décoctions, pilules, cataplasmes, suppositoires...etc. Contrairement aux tablettes sumériennes, la durée de traitement et les heures d'administration figurent sur le Papyrus, de même que les proportions des ingrédients utilisés pour la fabrication des remèdes (Koemoth, 2010). Art de la pharmacie et art de la médecine s'y confondent et force est de constater que le rapport à la maladie et au remède y est très lié à la magie, au spirituel et au religieux (Chaachouay, 2020).

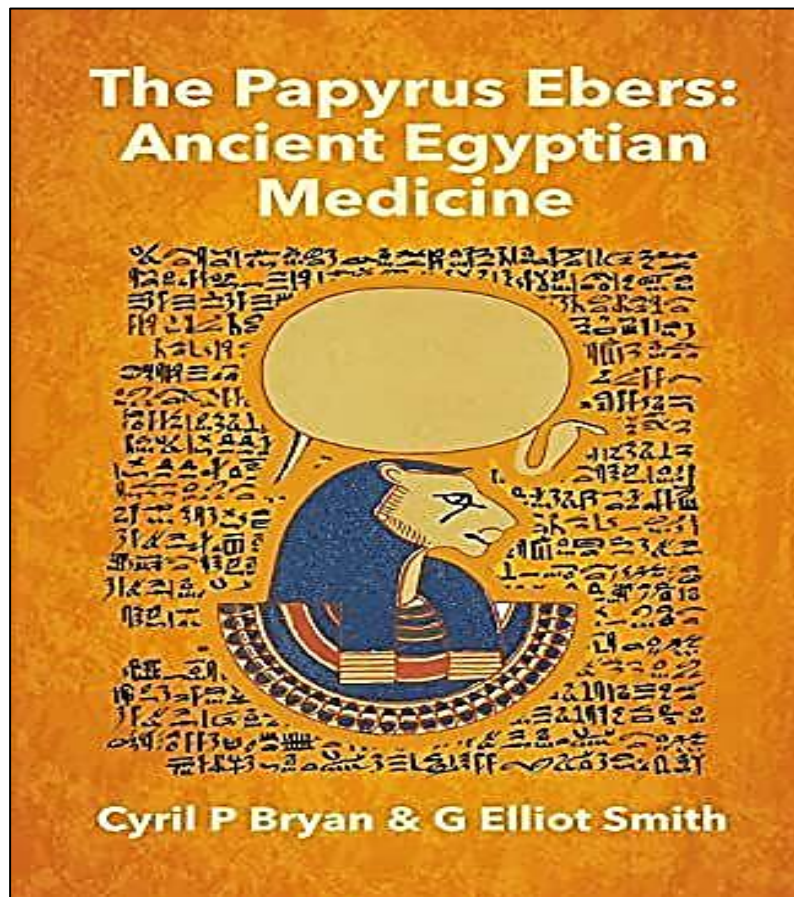


Figure 01: Couverture du livre Papyrus Ebers (Ancient Egyptian Medicine) (Site n° 01).

1.1.2. Empire Grecque: de mythologie à la médecine:

Selon l'histoire de la médecine, Hippocrate est le premier Grec à considérer la médecine comme une science : on le nom aujourd'hui « Le père de la médecine ». Il considérait la maladie avant tout comme un phénomène naturel. Il fut le premier à affirmer que l'exercice de la médecine devait se faire sans cérémonies ni rituels magiques. Né en 460 av. J.-C, il écrivait « le Corpus Hippocraticum » : répertoire d'environ 230 drogues végétaux, parmi lesquelles la mandragore, le pavot, la menthe, la sauge et la verveine (Abayomi, 1982).

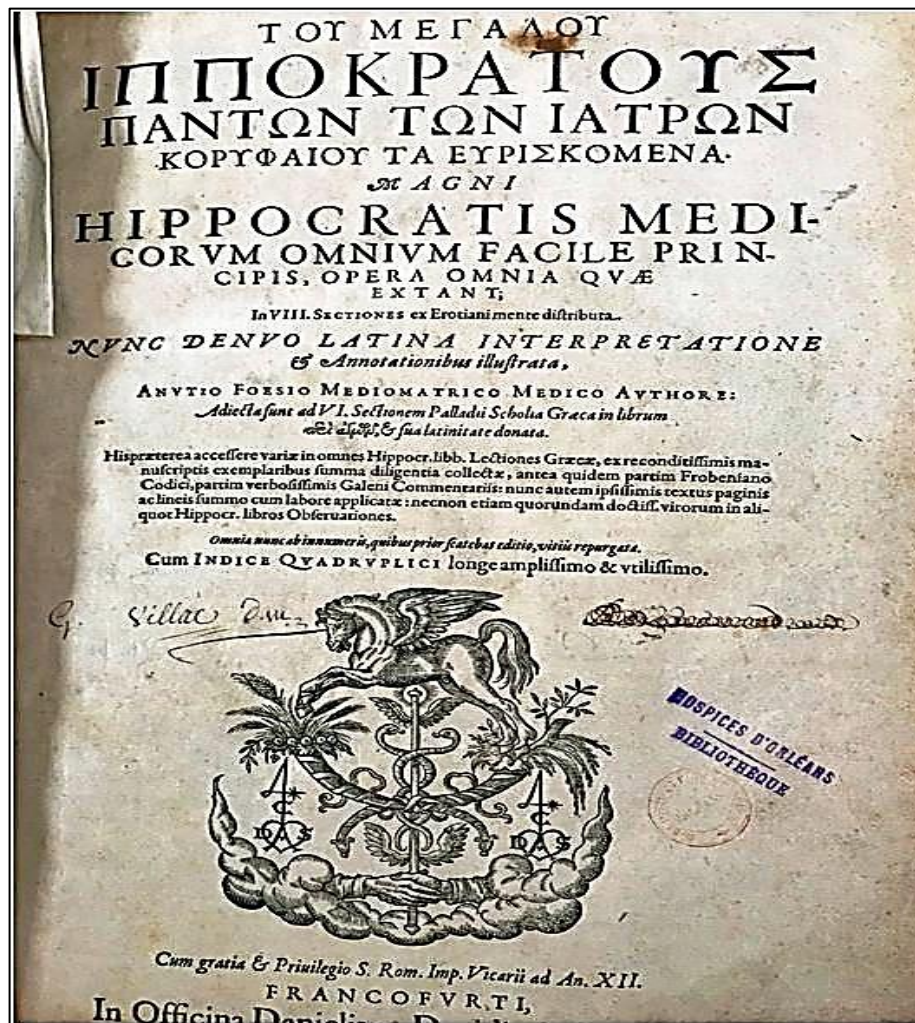


Figure 02: La première page du livre d'Hippocrate (Le Corpus Hippocraticum) (Site n° 02).

1.1.3. Civilisation Indienne:

L'Ayurveda, médecine traditionnelle développée en Inde, elle naît de la fusion entre le terme āyus signifiant « la vie » et de veda désignant « la science, ou la connaissance » constitue probablement le plus vieux système médical. « Le Rig-Veda », l'un des plus anciens textes écrit entre 4500 et 1600 avant J-C mentionne l'utilisation des PAM dans le traitement des hommes et des animaux (Figure 02). Le Nakul Samhita, écrit durant la même période, est probablement le premier traité décrivant le traitement des animaux à l'aide des plantes. Shalihotra (2350 avant J-C) et Palkapya (1000 avant J-C) ont été de célèbres vétérinaires spécialisés dans le traitement des éléphants et des chevaux (Fougère et Wynn, 2007).



Figure 03: Cinque pages du manuscrit de Shalihotra (Thelen et Anderson, 2006).

1.1.4. Civilisation Chinoise:

Des origines réelles de la médecine chinoise, on connaît également peu de choses. Elle peu semble émerger, presque en intégralité, aux alentours de la même époque, vers le deuxième millénaire avant J.-C. « **Le Pen Ts'ao** » (2900 av. J.-C.) dont l'auteur mythique serait l'empereur Shen Nong, décrit des substances d'une incontestable valeur thérapeutique (cannelle, ginseng, réglisse...etc.). Il est connu comme le plus vieux livre sur les PAM. Pour certaines PAM, les premières observations dignes de foi remontent ainsi à 4000 ans environ (Morel, 2008).

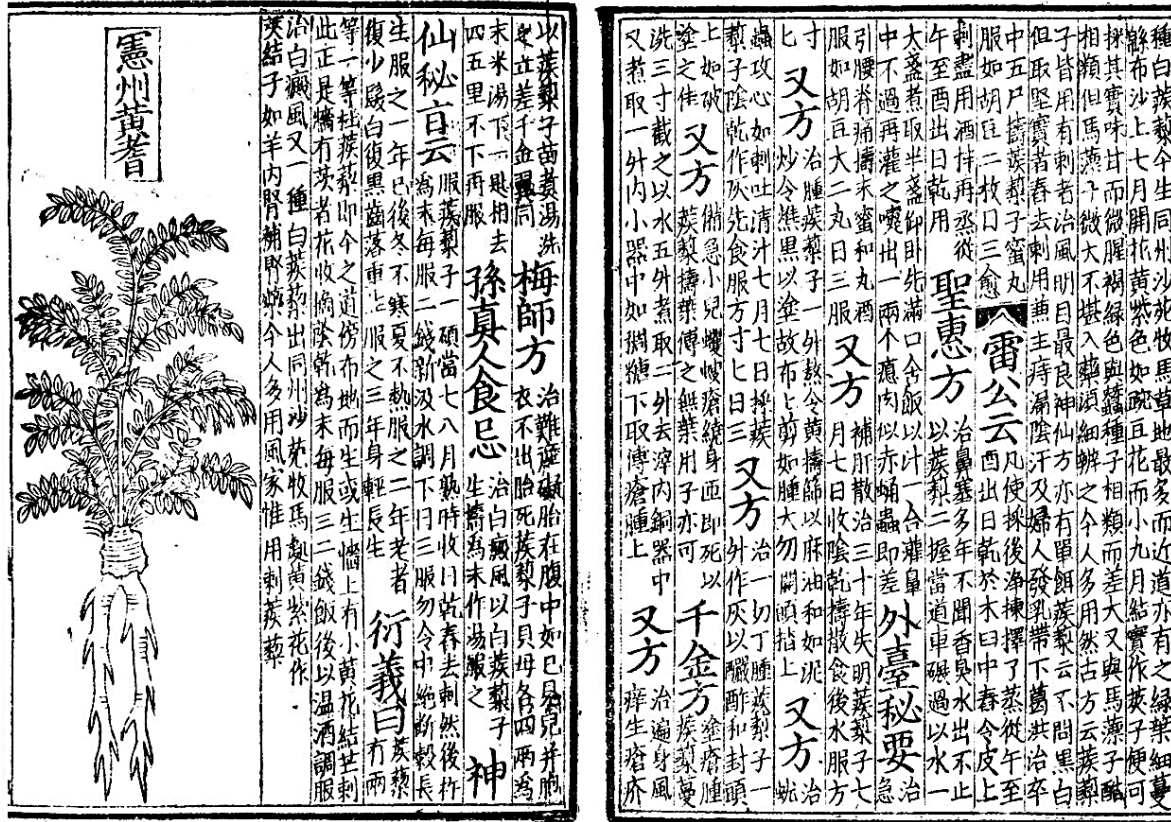


Figure 04: Exemple d'un manuscrit (Le Pen Ts'ao) (Meggs et al.,1998).

1.2. En Algérie:

En Algérie les premiers écrits sur les plantes médicinales ont été faits au IXème siècle par Isha-Ben-Amran et Abdallah - Ben-Lounés né à Oran, et qui décrit l'usage de beaucoup de plantes médicinales, mais la plus grande production de livre a été réalisée au dix- septième et au dix-huitième siècle. Même pendant le colonialisme Français de 1830 à 1962, les botanistes ont réussi à Cataloguer un grand nombre d'espèces comme médicinales et un livre sur les plantes médicinales et aromatiques d'Algérie a été publié en 1942 par Fourment et Roques où ils ont mentionné, décrit et étudié 200 espèces (Laghouiter, 2011).

2. Définition:

2.1. Les plantes médicinales:

Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle et/ou moderne, dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires et secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents sans avoir des effets nocifs doses recommandées (Sanago, 2006). Un médicament est défini comme toute substance ou composition présentée comme ayant des propriétés curatives ou

préventives contre les maladies humaines ou animales. Cette définition englobe également tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal dans le but d'établir un diagnostic médical, de restaurer, de corriger ou de modifier leurs fonctions organiques (Sofowora, 2010).

La pharmacopée française définit une plante médicinale comme une "drogue végétale dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses". Il est important de noter ici que le terme "drogue végétale", ou plus simplement "drogue", désigne une matière première naturelle d'origine végétale. Cette matière première est essentielle dans le processus de fabrication des médicaments (Nekkache *et al.*, 2021 /2022). Elles sont utilisées dans une multitude de secteurs, et ce, sous des formes variées, adaptées à leurs propriétés et à l'usage souhaité. Elles peuvent être transformées en principes actifs isolés, c'est-à-dire en molécules spécifiques extraites de la plante et reconnues pour leurs effets thérapeutiques, en huiles essentielles, en extraits, en solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont. (Iserin, 2001).

Une plante médicinale est toute plante contenant une ou plusieurs substances actives dans une ou plusieurs de ses parties, capables d'influencer positivement la santé humaine, soit en traitent des maladies, soit en atténuant les symptômes, ces substances de nature chimique variée sont utilisées soit sous forme naturelle (plante fraîche ou séchée), soit après extraction et purification, pour entrer dans la composition de médicaments et de préparations pharmaceutiques (قنديل، 2007، و ابراهيم).

Les médicaments à base de plantes sont rigoureusement identifiés par un nom scientifique précis, suivant le système binomial (genre, espèce, variété et auteur). Grâce à une approche scientifique rigoureuse, incluant des études pharmacologiques et toxicologiques, la composition chimique des plantes médicinales a pu être décryptée. Ces études ont également permis de mettre en évidence leurs effets thérapeutiques et de déterminer les doses efficaces et toxiques de certaines plantes (Benouattas et Benzina, 2021).

2.2. Les plantes aromatiques:

Une plante aromatique se définit par la présence d'huiles essentielles volatiles dans une ou plusieurs de ses parties. Ces huiles essentielles sont responsables de l'arôme caractéristique de la plante et peuvent être extraites pour être utilisées dans diverses industries, notamment la parfumerie, la cosmétique et la fabrication de produits médicaux.

Les plantes aromatiques sont particulièrement intéressantes en raison de leur richesse en molécules à haute valeur ajoutée, notamment des composés à activité olfactive (Gheriani et Khemis, 2019).

Les plantes aromatiques sont un ensemble des plantes utilisées en cuisine et en phytothérapie pour les arômes qu'elles dégagent, et leurs huiles essentielles que l'on peut extraire. Ces plantes aromatiques sont cultivées selon les besoins pour leurs feuilles, tiges, bulbes, racines, graines, fleurs, écorce, etc (Amiour, 2018).

2.3. Les plantes médicinales aromatiques:

Les plantes aromatiques sont à la fois des plantes médicinales et des matières premières industrielles. Elles renferment des substances naturelles complexes aux propriétés diverses. Principalement utilisées pour leurs qualités organoleptiques, elles agrémentent nos plats de saveurs et d'arômes variés, qu'elles soient fraîches ou conservées.

Au-delà de leur usage culinaire, ces plantes possèdent des vertus médicinales grâce à leurs composés actifs aux effets thérapeutiques. Ces composés sont extraits pour créer des formes galéniques spécifiques, telles que les huiles essentielles ou les oléorésines, prisées dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques (Anton *et al.*, 2005).

Il n'existe pas de frontière nette permettant de distinguer de manière catégorique entre les plantes médicinales et les plantes aromatiques. En effets certains huiles essentielles présentent des effets physiologiques et des utilisations thérapeutiques comme celles extraits de la Menthe Poivrée, de la Cannelle, du Basilic, de la Camomille, etc. De plus, certaines plantes classifiées comme aromatiques contiennent des composés chimiques à propriétés médicinales en plus des huiles essentielles, comme c'est le cas pour le Jasmin (قنديل و كمال ، 2007).



Figure 05: Quelques plantes médicinales et aromatiques (Site n° 03).

3. Les types des plantes médicinales selon l'origine:

Les plantes médicinales sont caractérisées par deux origines. Ce sont les plantes spontanées dites "sauvages" ou "de cueillette", et les plantes cultivées.

3.1. Plantes sauvages:

Cette catégorie constitue les plus anciennement utilisées et représentant encore aujourd'hui un pourcentage notable du marché mondial. Leur répartition et développement dépend de plusieurs facteurs tels que le type de sol et surtout du climat. Ces plantes sont en effet influencées par la température, la latitude, l'altitude, la composition du sol, etc. Ces conditions édaphiques font de ces plantes des véritables réservoirs de spécificités génétiques (**Salfo et al., 2021**).

3.2. Plantes cultivées:

Ces plantes permettent, grâce aux techniques de culture standardisées d'obtenir des matières premières de bonne qualité en quantité suffisante et homogènes. En effet, la culture des plantes médicinales répond à des directives de l'OMS sur les bonnes pratiques agricoles et des bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales (**WHO, 2003a**). Elles s'appliquent à la culture, à la récolte des plantes médicinales et à certaines opérations postérieures à la récolte. Les directives peuvent être adaptées à la réglementation en vigueur dans les différents pays. En plus de tous ces bénéfices sur la qualité, la culture pallie la dispersion ou la disparité des peuplements naturels. L'importante diversité créée au sein des espèces cultivées, bien que très inférieure à celle de la flore spontanée, constitue aussi un réservoir de spécificités génétiques (**Chabrier, 2010**).

4. la phytothérapie:

La phytothérapie est l'utilisation des plantes pour soigner et prévenir les maladies.

4.1. Définition de la phytothérapie:

Du grec (phytos) signifie plantes et (therapera) traitement. En générale bien tolérés, appropriées à certaines maladies, les plantes médicinales occupent à juste titre une place importante on thérapeutique (**Iserin, 2001**).

La phytothérapie, ou traitement par les plantes, est une pratique millénaire qui consiste à utiliser les plantes, des parties de plantes ou des préparations à base de plantes pour prévenir et traiter divers troubles fonctionnels et affections. Cette approche thérapeutique naturelle repose sur les propriétés médicinales des plantes, qui contiennent des composés actifs aux effets bénéfiques sur l'organisme (**Wichtl et Anton, 1999**).

L'Algérie fait partie des pays qui dépendaient des plantes médicinales, grâce à la diversité de sa nature et à son climat, a une longue tradition d'utilisation des plantes médicinales. Parmi les plus courantes, on trouve la menthe, le thym, la tisane, le basilic et l'anis vert. Ces plantes sont principalement employées pour soigner les rhumes, les maux de tête et les douleurs d'estomac (**Carillon, 2009**).

4.2. Les différents types de la phytothérapie:

On différencie la phytothérapie traditionnelle, souvent très ancienne, qui utilise les plantes médicinales (PAM) à l'état frais ou séché, de la phytothérapie moderne qui repose sur l'utilisation de phytomédicaments fabriqués à partir des principes actifs extraits des plantes (**Chaachouay, 2020**).

4.2.1. La phytothérapie traditionnelle:

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS, 2002**), la médecine traditionnelle englobe l'ensemble des savoirs et pratiques, qu'ils soient expliqués ou non, transmis oralement ou par écrit à travers les générations. Cette médecine est utilisée au sein de diverses sociétés pour diagnostiquer, prévenir ou éliminer les déséquilibres du bien-être physique, mental, social, moral et spirituel. La phytothérapie, qui consiste à utiliser les plantes pour se soigner, est une forme de médecine traditionnelle encore largement répandue, notamment dans les pays en développement. Bien que la médecine traditionnelle soit profondément enracinée dans de nombreuses cultures, elle est considérée comme non conventionnelle en raison du manque d'études cliniques rigoureuses validant son efficacité.

❖ Herboristerie:

Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de plante fraîche ou séchée, elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs, feuilles, racines...etc.). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération...etc. Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale (**Strang, 2006**).

4.2.2. La phytothérapie moderne:

Contrairement à l'herboristerie traditionnelle, une approche de la phytothérapie basée sur les avancées scientifiques recherche les composés actifs des plantes pour les intégrer dans des médicaments. Cette démarche, encadrée par des réglementations spécifiques à chaque pays. On parle alors de pharmacognosie ou de biologie pharmaceutiques (**Chaachouay, 2020**).

Et nous distinguons dans celle-ci plusieurs méthodes de traitement différentes qui sont représentées par:

4.2.2.1. Aromathérapie:

L'aromathérapie, terme inventé par René-Maurice Gattefossé, est une technique médicale qui exploite les propriétés thérapeutiques des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques et médicinales (PAM). Utilisée à des fins curatives, elle contribue également au bien-être physique, psychique et mental. En tant que branche de la phytothérapie moderne, l'aromathérapie vise à renforcer et stimuler les défenses naturelles de l'organisme. Elle se révèle particulièrement efficace pour contrer les effets néfastes du stress (**Chaachouay, 2020**).

4.2.2.2. Allopathie:

L'allopathie, du grec "álos" (autre) et "páthos" (maladie), est une méthode de traitement qui consiste à administrer des substances produisant des effets contraires à ceux de la maladie à combattre. Par extension, le terme "allopathie" est souvent utilisé pour désigner la médecine conventionnelle (**National Institute for Health, 2012**).

4.2.2.3. Gemmothérapie:

Le terme gemmothérapie provient du latin « gemmae » qui signifie à la fois « bourgeon » et « pierre précieuse » et du grec « therapeia » qui se réfère à la thérapie. Elle se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les racines (**Strang, 2006**).

4.2.2.4. Homéopathie:

L'homéopathie, du grec "hómoios" (semblable) et "páthos" (maladie), est une technique thérapeutique qui s'oppose à l'allopathie. Son principe fondamental est de traiter un patient avec des substances qui, à doses pondérales chez un individu sain, provoqueraient des symptômes similaires à ceux de la maladie à combattre. Les dilutions infinitésimales utilisées en homéopathie ont pour but d'atténuer les effets secondaires potentiels de la "maladie iatrogène" ainsi induite (**Garnier et al., 2004**).

5. Les composition chimique des plantes médicinales:

La plante possède une composition chimique très complexe, elle est constituée de certaines de substances. Elle puise par ses racines des éléments dans le sol (eaux, minéraux, oligo-éléments) et grâce à la photosynthèse réalisée dans ses feuilles, elle élabore des molécules complexe appelées composés organiques.

Les substances que la plante élabore, ont un niveau d'intérêt différent. On les classe en deux groupes (**Botineau, 2010**).

5.1. Métabolites primaires:

Le métabolisme primaire se définit comme l'ensemble des voies de synthèse de la plante assurant les processus physiologiques de base communs à la plupart des plantes supérieures. Ces voies permettent la synthèse de composés ligneux et cellulosiques, des protéines de structure et de fonction, des sucres et des lipides. Tous ces composés sont impliqués dans la structure et la physiologie des cellules et des tissus, et assurent la croissance et la survie de la plante.

Les métabolites primaires sont parmi les produits biotechnologiques les plus simples et sont couramment utilisés comme matières premières pour d'autres procédés tels que la fermentation ou les synthèses chimiques. Bien qu'ils soient couramment utilisés comme compléments nutritionnels ou aromatisants, ils sont rarement utilisés comme composés thérapeutiques. Par exemple, l'industrie pharmaceutique utilise largement l'amidon dans la fabrication des comprimés, ou comme base pour les poudres et les pommades (**Dawd et Kelley, 2011; Kunkele et Lobmeyer, 2007**).

5.2. Métabolites secondaires:

Les métabolites secondaires sont des molécules complexes à l'origine de l'activité thérapeutique des plantes médicinales, et dont les précurseurs sont des métabolites primaires ou des produits intermédiaires (**Yarnell, 2007**).

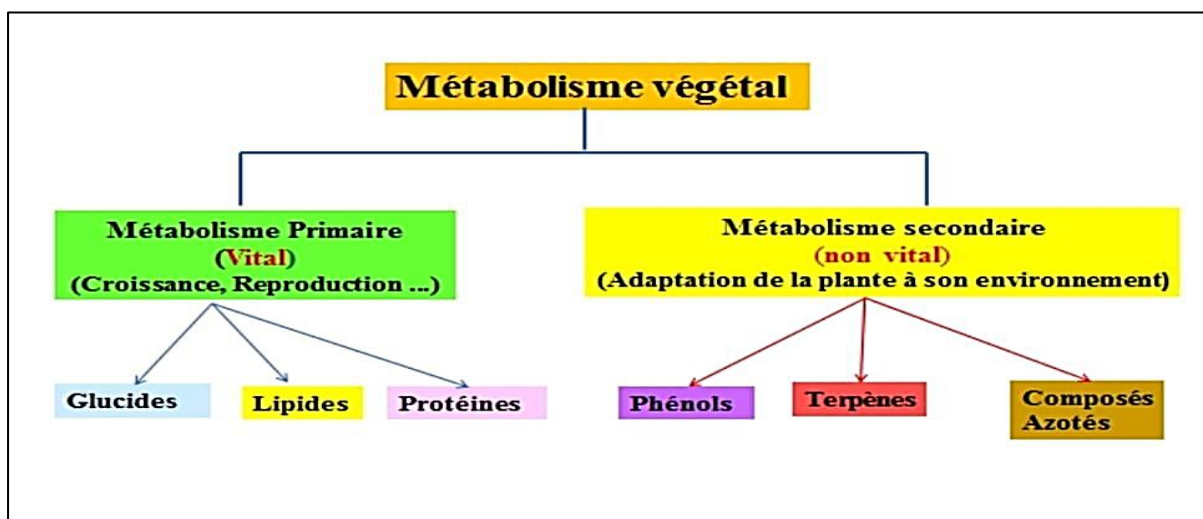


Figure 06: Plan des deux types de métabolisme végétal (**Labrani, 2021/2022**).

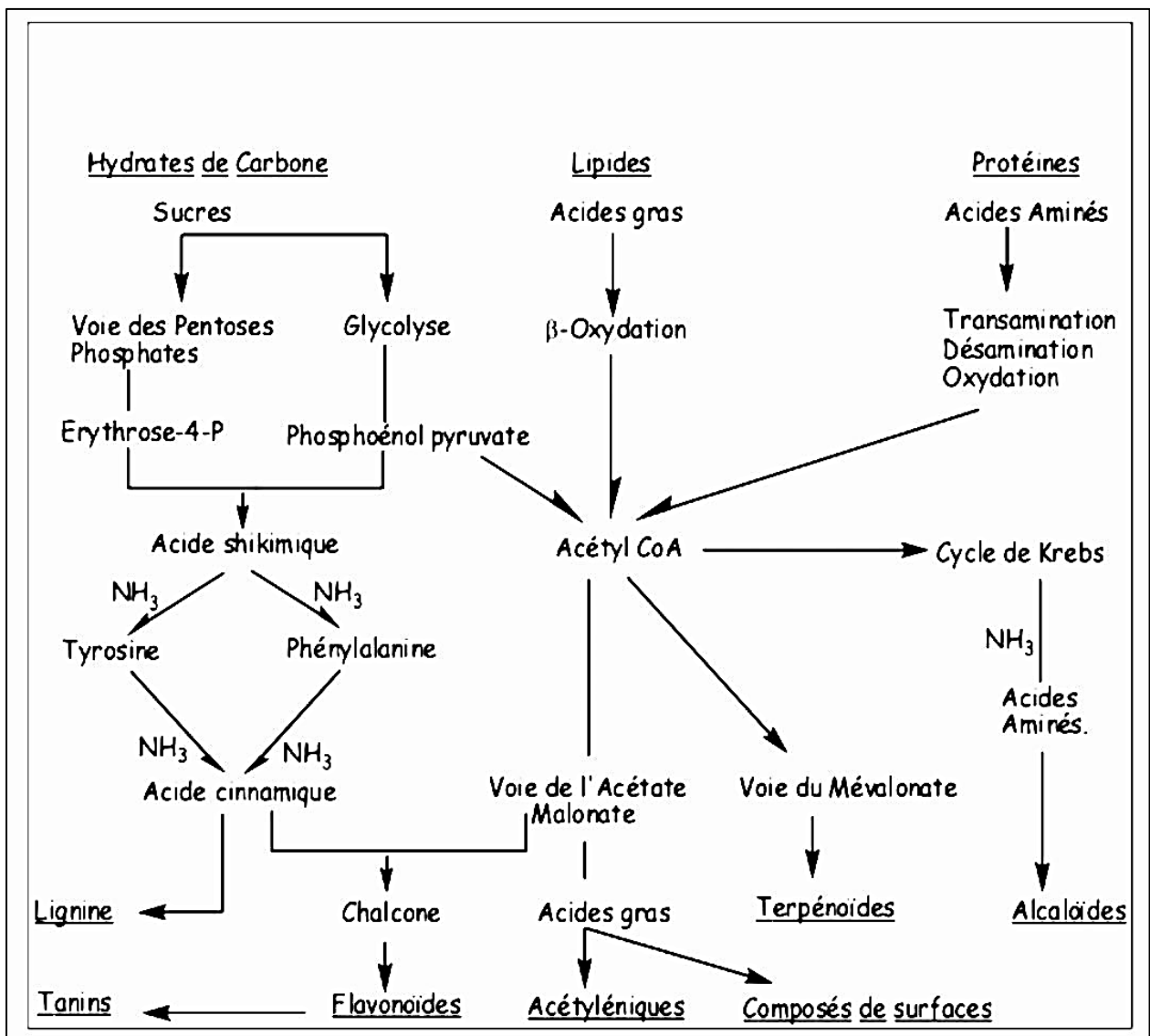


Figure 07: Relation entre le métabolisme primaire et le métabolisme secondaire (Merghem, 2016).

6. Mode de récolte des plantes médicinales et aromatiques:

Chaque section de la plante concentre les composés les plus actifs au cours d'une période particulière de l'année, en particulier lors de sa floraison (Boziane, 2017). Il existe des alcaloïdes, sont d'énormes classes chimiques qui ne se trouvent que dans certaines plantes et se caractérisent par leur effet direct sur le système nerveux central comme les opioïdes, Il existe des huiles volatiles aussi (Abbas *et al.*, 2022/2023).

Dans l'industrie pharmaceutique, la récolte des plantes est effectuée au moment optimal, lorsque leur concentration en principes actifs est à son maximum, souvent par temps ensoleillé pour faciliter le séchage. Ce dernier est une étape cruciale, réalisée à des températures contrôlées: généralement entre 40 et 60 degrés pour la plupart des plantes, mais avec une attention particulière pour les

plantes à huiles essentielles, qui sont cueillies tôt le matin et séchées à l'ombre à une température ne dépassant pas 58 degrés (**Paul et al., 2010**).

La récolte de la plante entière est souvent privilégiée, car les principes actifs sont présents dans toutes ses parties. Selon les circonstances, la récolte se fait avant la floraison ou pendant la pleine époque des fleurs. Pour éviter d'endommager les racines, il est recommandé de couper la tige à quelques centimètres du pied plutôt que de les arracher (**Keddachi et Mihoubi, 2015**).

Des études scientifiques ont permis de définir le moment optimal de la récolte. Ainsi, sont récoltées de préférence:

- Les racines au moment du repos végétatif (automne, hiver), ils doivent d'abord être lavées et débarrassées de la terre puis rapetissées, on a avantage à choisir des plantes jeunes, les grains, doté par la nature d'agent conservateur, ne demandent quelques jours d'étalage dans un endroit sec.
- Les fleurs à leur plein épanouissement, voir en bouton (aubépine), elles doivent être cueillies avant que les insectes ne les aient trop envahies, les sécher rapidement sur un papier propre.
- Les feuilles, juste avant la floraison, pour les sécher, on suspend les plus grandes d'entre elles (tabac, noyer) et on étale les plus petites sur de papier où des claires, dans un endroit aéré.
- Les graines, lorsqu'elles auront perdu la majeure partie de leur humidité naturelle.
- Les fruits seront récoltés suivant qu'ils sont charnus ou sec, les fruits charnus sont cueillis peu avant leur maturité (**Amton, 2007; Paul et Ferdinand, 2010**).

7. Les parties des plantes médicinales utilisées:

En phytothérapie, on utilise la plante entière ou seulement une partie de la plante (la feuille, la fleur, la sommité fleurie). Chaque organe peut contenir des principes actifs spécifiques et donc avoir un effet particulier.

Les parties des plantes utilisées par ordre de croissances sont:

- Les feuilles
- La tige
- L'écorce
- Le bois
- Les bourgeons
- Les racines
- Les rhizomes
- Les bulbes
- Les fleurs
- Les sommités fleuries
- Les fruits (ex: jus)
- La queue des fruits
- Les grains (Chevallier, 2017).

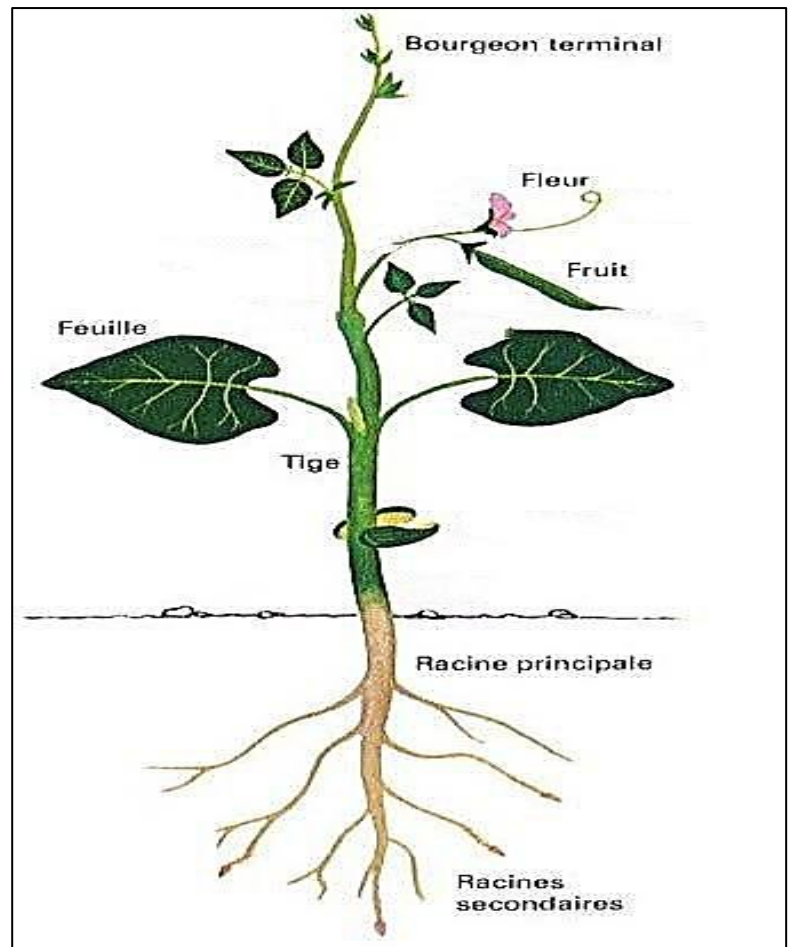


Figure 08: Structure général d'une plante à fleur (Site n° 04).



Figure 09: 01(Bois), 02(rhizomes), 03(bulbes), 04(sommités fleuries), 05(Grains), 06(queue des fruits) (Site n° 05).

8. Les formes de préparation des plants médicinales et aromatiques:

La phytothérapie consiste à utiliser des plantes sous différentes formes (ou galénique) que peuvent avoir un effet sur la, quantité d'ingrédient actif présent :

8.1. Infusions:

Une infusion se fait essentiellement avec les fleurs et feuilles des plantes, mais dans certains cas, il est possible de faire également infuser des racines et des écorces, l'infusion est la méthode de préparation de tisanes la plus courante et la plus classique, on verse l'eau bouillante sur les plantes dans un récipient dont le couvercle fermé bien , afin d'éviter toute perte d'essence volatile et on laisse extraire 5_15 minutes, puis on filtre , la dose normale de plantes est de 1_3 cuillères à thé par tasse d'eau à boire immédiatement (**Paul, 1997; Nogaret, 2003; Brahim, 2011**).

8.2. Décoction:

Cette méthode s'applique essentiellement aux parties souterraines de plante et écorces qui libèrent difficilement leurs principes actifs lors l'une infusion. Il s'agit d'un processus complexe d'extraction continue à chaud de plantes séchées et broyées utilisant un volume d'eau spécifié comme solvant. Le temps d'ébullition varie selon l'organe en question de (10à 30 mn), ex : une décoction de racines peut demander 10 minutes d'ébullition ensuite, la plante est laissée macérer pendant un certain temps, puis elle est filtrée à l'aide d'un papier spécial ou d'une toile à trame fine (**Nogaret, 2003; Abdullahi *et al.*, 2020; Djarroumi et Nacef, 2004**).

8.3. Macération:

La macération est une extraction aqueuse opérée à la température ordinaire pendant quelques heures généralement 2-12 heures. Ces préparations s'obtiennent en mettant à tremper une certaine quantité d'herbes sèches ou fraîches dans un liquide : eau, Vin, alcool et en laissant en contact pendant un temps plus ou moins long. Passé, ce délai, chauffer doucement, filtrer et boire sans sucrer. Cette technique vous permet d'utiliser pleinement les vitamines et les minéraux qu'ils contiennent et est particulièrement idéale pour les plantes riches en huiles essentielles (**Brahim, 2011; Delille, 2007; Lazli *et al.*, 2019**).

8.4. Cataplasme:

Les plantes sont grossièrement hachées, puis chauffées dans une casserole avec un peu d'eau. Après une ébullition de deux à trois minutes, elles sont pressées et appliquées sur la zone affectée (**Ziane, 2021/2022**).

8.5. Poudre:

Les plantes qui ont été transformées en poudre par pulvérisation, dans un moulin peuvent être utilisées pour les soins internes ou externes. (**Abbas *et al.*, 2022/2023**).

9. Les formes d'emploi des plantes médicinales et aromatiques:

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées sous différentes formes, dont les suivantes:

9.1. Tisane:

Une tisane est une boisson réalisée par macération, décoction ou infusion de matières végétales comme des fleurs, des feuilles, des tiges ou des racines, que ce soit fraîches ou séchées, dans de l'eau chaude ou froide. Elle est consommée par voie orale (**Fort, 1976**).

9.2. Poudre:

Les plantes peuvent être transformées en poudre par pulvérisation dans un mortier ou un moulin. Cette forme peut être utilisée pour des soins internes ou externes (**Chaachouay, 2020**).

9.3. Teinture:

Une teinture est une préparation liquide obtenue généralement par extraction hydroalcoolique de plantes fraîches ou séchées. La concentration en alcool varie entre 60° et 90°, selon la nature de la substance à dissoudre. Les plantes utilisées en phytothérapie sont diluées à raison d'une part de plante pour cinq parts de solvant d'extraction. Certaines teintures, notamment celles contenant des alcaloïdes comme la belladone, le datura et la jusquiame, sont diluées au dixième et ne sont pas prescrites en phytothérapie traditionnelle (**Raynaud, 2006**).

9.4. Huiles essentielles:

Ce sont des extraits complexes de plantes, riches en composés volatils (métabolites secondaires). Les plantes les produisent en réponse à des stress ou pour lutter contre les infections. Elles ont des propriétés antimicrobiennes à large spectre, similaires aux antiseptiques (**De Billerbeck, 2007**).

9.5. Sirops:

Préparations à base d'extraits liquides de plantes (aqueux ou alcoolisés) mélangés à une solution sucrée (sucre ou miel). Le sucre améliore le goût et sert de conservateur (**Fougère et Wynn, 2007**).

9.6. Lotions:

Préparations liquides à base d'eau et de plantes (infusions, décoctions ou teintures diluées). Elles sont utilisées pour apaiser les irritations ou inflammations de la peau (Chaachouay, 2020).

9.7. Pommades:

Préparations semi-solides à base d'un excipient (d'origine naturelle ou synthétique) dans lequel sont incorporés des substances actives (par exemple, des huiles végétales ou essentielles). Elles sont destinées à être appliquées sur la peau ou les muqueuses (Wouessi, 2011).

9.8. Fumigations:

Technique qui consiste à inhaler les vapeurs ou fumées produites par des plantes en ébullition ou en combustion, utiles pour humidifier les muqueuses (par exemple, en cas de laryngite) et pour bénéficier des propriétés thérapeutiques des plantes aromatiques (pouvoir désinfectant) (Jocelyne, 2011).

9.9. Gargarisme:

La médication, constituée d'un infusé ou d'un décocté aussi chaud que possible est utilisée pour se rincer l'arrière bouche, la gorge, le pharynx, les amygdales et les muqueuses. Il sert à désinfecter ou à calmer, le gargarisme ne doit jamais être avalé (Strang, 2006).



Figure 10: 01(Tizane), 02(Poudre), 03(Teinture), 04(Huile essentiel), 05(Fumigation), 06(Sirop), 07(Lotion), 08(Gargarisme), 09(Pommade) (Site n° 05).

10. L'utilisation des plantes médicinales et aromatiques:

Selon la FAO (Food And Agriculture Organisation) et le professeur Auguste Chevalier, botaniste et explorateur du Burkina Faso, chaque plante sur Terre est liée aux besoins humains, que ce soit pour l'alimentation, l'habillement, le logement, les loisirs, la médecine ou le chauffage (FAO,1996).

Les plantes médicinales et aromatiques, comme toutes les plantes, ont de multiples usages: alimentaires, épices, additifs, ornementaux, toxiques, pastoraux et fourragers, artisanaux (vannerie, tannerie, menuiserie) boissons, condimentaires, cosmétiques, hygiéniques, industriels, vétérinaires, sorcellerie, magie et encens. Elles ont de tout temps été employées pendant des siècles comme remèdes pour les maladies humaines et animales car elles contiennent des composants de valeur thérapeutiques (Chaachouay, 2020).

Les plantes médicinales et aromatiques présentent une multitude d'utilisations variées, comme mentionné précédemment. Ainsi, elles peuvent être classées en deux catégories principales: les utilisations thérapeutiques et les utilisations non thérapeutiques.

10.1. Les utilisations non thérapeutiques:

Les plantes sont utilisées dans de nombreux domaines autres que la médecine, notamment:

10.1.1. En alimentation:

Les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées comme épices, aromates, colorants, assaisonnement des boissons et des composés aromatiques (Delaveau, 1987).

L'utilisation des herbes aromatiques dans la cuisine méditerranéenne est profondément enracinée dans toutes les cultures de cette région. Des plantes comme la menthe, l'origan, le persil, le romarin et la sauge sont omniprésentes dans nos repas quotidiens, et leur rôle thérapeutique est incontestable. Elles agrémentent aussi bien les recettes les plus classiques que les plus innovantes, tout en nous permettant de bénéficier de leurs vertus: fromage à la grecque, omelette, pour n'en citer que quelques-unes (Amiour, 2018).

Les plantes aromatiques et médicinales sont utilisées comme épices aromatiser et augmenter la durée de vie des aliments. La cannelle, le persil, le céleri, le fenugrec, le curcuma et le poivre noir sont des exemples courants. Certaines plantes comme le safran et le paprika sont utilisés pour leurs propriétés colorantes, tandis que la vanille et la réglisse sont appréciées pour leurs saveurs. En effet, ces espèces contiennent des huiles essentielles dotées d'activités

antimicrobiennes intéressantes et peuvent servir d'agent de conservation alimentaires (عطيات، 1995).





Plantes aromatiques	Leurs usages en alimentation
Persil 	À utiliser avec précaution pour son goût puissant ; idéal pour les recettes provençales et les viandes blanches, lapin, veau, volaille, et mouton (Amiour, 2018).
Romarin 	Principalement utilisé en feuilles hachées comme décoration pour presque tous les plats salés (Amiour, 2018).
Menthe 	Utilisée dans des recettes comme la glace à la menthe ou les gâteaux et pour des cocktails comme le mojito ou des thés glacés. En accompagnement de plats de viande ou de poisson pour une saveur fraîche (Kièma, 2024).
Origan 	Parfait pour assaisonner des viandes blanches, du poulet, du poisson et pour ajouter à des légumes grillés ou sautés pour une touche aromatique. Utilisé pour faire des tisanes bénéfiques pour la digestion (Gawlik, 2022).

Tableau 01: L'usage de quelques plantes aromatiques dans l'alimentation.

10.1.2. En cosmétique:

Les plantes aromatiques sont largement utilisées dans les produits cosmétiques, notamment sous forme d'huiles essentielles, d'extraits de plantes ou d'herbes lyophilisées (Amiour, 2018).

Depuis l'antiquité, les plantes sont utilisées pour fabriquer des produits de beauté tels que les poudres, les crèmes pour la peau et les cheveux, les dentifrices, les savons et des parfums grâce aux huiles essentielles extraits des plantes et des produits d'hygiène. La Lavande, le Jasmin, le Lavandin, le Clou de girofle et la Rose sont quelques-unes des plantes les plus utilisées en parfumerie, les Romaines par exemple appréciaient l'effet embellissant de la pâte d'amande, et de la crème de vanille, des plantes comme l'*Aloe vera*, le Concombre, le Romarin et l'Amande douce sont couramment employées dans cette industrie (عطيات، 1995; بقوادة، 2007; Porter, 2001).








Plantes aromatiques	Leurs usages en cosmétiques
Thym 	Les déodorants, pour les soins des peaux et cuirs chevelus gras, dans les démaquillants et aussi dans les dentifrices et les bains de bouche.
Basilic 	Complexe anti-stress et sommeil et soin correcteur antitaches.
Lavande 	Baume nourrissant corps et savon.
Gingembre 	Un masque anti-âge. Il nettoie et exfolie la peau naturellement.
Mélisse 	Les feuilles sont adoucissantes, astringentes, rafraîchissantes, revitalisantes et sont surtout employées pour les peaux grasses.

Tableau 02: L'usage de quelques plantes aromatiques en cosmétique (Amiour, 2018).

10.1.3. En agriculture:

L'utilisation d'huiles essentielles extraites de certains arbres offre une approche naturelle et prometteuse pour la protection des cultures. Voici quelques exemples d'arbres dont les huiles essentielles sont utilisées en agriculture pour lutter contre les insectes et les nématodes (**Amjad, 2005**):

❖ **Neem (*Azadirachta indica*):**

Propriétés: L'huile de neem est réputée pour sa richesse en azadirachtine, un composé aux propriétés insecticides, antifongiques et nématicides. Elle agit sur les insectes en perturbant leur croissance, leur reproduction et leur alimentation.

Utilisations: Elle est efficace contre un large éventail d'insectes nuisibles tels que les pucerons, les aleurodes, les mouches blanches, les chenilles et les coléoptères. Elle est également utilisée pour lutter contre les nématodes, des vers microscopiques qui s'attaquent aux racines des plantes.

Application: L'huile de neem peut être utilisée en pulvérisation foliaire pour protéger les feuilles et les fruits, ou en traitement du sol pour agir sur les insectes et les nématodes présents dans le sol (**Amjad, 2005**).

❖ **Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*):**

Propriétés: L'huile essentielle de tea tree possède des propriétés antibactériennes, antifongiques et insecticides. Elle est efficace contre certains insectes et acariens, ainsi que contre les maladies causées par des champignons et des bactéries.

Utilisations: Elle est utilisée pour lutter contre les pucerons, les acariens, les mouches blanches et certains types de champignons pathogènes.

Application: L'huile de tea tree peut être utilisée en pulvérisation foliaire ou en traitement du sol, en prenant soin de la diluer correctement car elle peut être irritante pour la peau et les muqueuses (**Lerbourg, 2024**).

❖ **Eucalyptus (*Eucalyptus spp*):**

Propriétés: L'huile essentielle d'eucalyptus est connue pour ses propriétés insectifuges et répulsives. Elle contient des composés tels que le cinéole qui éloignent certains insectes nuisibles.

Utilisations: Elle est utilisée pour éloigner les moustiques, les mouches, les pucerons et certains types de coléoptères.

Application: L'huile d'eucalyptus peut être utilisée en pulvérisation foliaire ou en diffusion dans l'air pour éloigner les insectes (**Lerbourg, 2024**).

❖ Pin (*Pinus spp*):

Propriétés: L'huile essentielle de pin contient des terpènes qui ont des propriétés insecticides et répulsives. Elle est efficace contre certains insectes et acariens.

Utilisations: Elle est utilisée pour lutter contre les pucerons, les acariens et certains types de chenilles.

Application: L'huile de pin peut être utilisée en pulvérisation foliaire ou en traitement du sol, en prenant soin de la diluer correctement car elle peut être irritante pour la peau et les muqueuses (**Lerbourg, 2024**).

10.2. Les utilisations thérapeutiques:

Les plantes peuvent être utilisées de différentes manières dans le domaine médical, notamment:

10.2.1. Dans la médecine traditionnelle:

L'action de la phytothérapie sur l'organisme dépend de la composition des plantes, depuis XVIIIème siècle (au cours duquel) des savants ont commencé à extraire et à isoler les substances chimiques qu'elles contiennent. On considère les plantes et leurs effets en fonction de leurs principes actifs (**Iserin et al., 1997**).

Depuis 150 ans, les plantes médicinales ont été une source importante de médicaments efficaces. Les recherches actuelles en ethnopharmacologie et ethnobotanique confirment l'efficacité et la faible toxicité des plantes utilisées en médecine traditionnelle. Ces disciplines visent à comprendre les pratiques et les représentations liées à la santé et à la maladie, ainsi qu'à évaluer les propriétés thérapeutiques des plantes dans les pharmacopées traditionnelles. L'usage empirique des préparations traditionnelles est crucial pour la sélection de plantes prometteuses, car de nombreux métabolites secondaires utilisés en médecine moderne ont été découverts grâce à des études ethnobotaniques (**Lhuillier et Abderrebba, 2007; Gurib, 2006**).

10.2.2. Dans la médecine moderne:

Les plantes continuent de jouer un rôle majeur dans l'industrie pharmaceutique. De nombreux médicaments que nous utilisons quotidiennement sont issus de plantes, et la recherche explore activement le monde végétal à la recherche de nouvelles molécules aux propriétés thérapeutiques, ces molécules sont des matières premières pour la semi synthèse (**Bahorun, 1997**). Le pouvoir de guérison des plantes provient des effets de leurs métabolites secondaires (**Chaachouay, 2020**).

Grâce aux progrès scientifiques considérables réalisés depuis la fin du XIXe siècle, notamment dans les techniques d'analyse et d'extraction, les plantes médicinales constituent une ressource inestimable pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments. Environ plus de 30% des médicaments contiennent des principes actifs d'origine naturelle (Gurib, 2006; Harrar, 2012; Odile et Daniel, 2007).

11. Les bienfaits des plantes médicinales:

Depuis des milliers d'années, l'homme utilisait les plantes trouvées dans la nature, pour traiter et soigner les maladies, et parmi les bienfaits des plantes médicinales, on peut citer:

- **Non onéreux:** Environ 65-80% de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaires, en raison de la pauvreté et de manque d'accès à la médecine moderne (Besmira et Meribai, 2019).
- **Sécuritaire à utiliser:** Alors que plusieurs médicaments sont retirés du marché pour leurs effets secondaires néfastes à la santé humaine, l'engouement vers la médecine traditionnelle est tellement fort qu'il n'a d'égal que la méfiance vis-à-vis des produits de synthèse (Cheik Ali, 2013).
- **Sont utilisés dans la fabrication de nombreux médicaments:** La pharmacopée humaine est riche d'un répertoire de pas moins de 20000 espèces dont 50% est utilisée en industrie pharmaceutique (Cheik Ali, 2013).
- **Large domaine d'utilisation:** Environ 3500 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains (Elqaj *et al.*, 2007).
- **Ne se démode jamais et on ne peut pas s'en passer:** Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (Chalane et Badri, 2020/2021).
- **Faible toxicité:** Le degré de la toxicité qui est faible ou absent surtout quand il s'agit de plante comestible (Chaabi, 2008).
- **La diversité thérapeutique:** une plante peut traiter plusieurs Pathologies par utilisation des graines, racines, feuilles et fruits (Ziane, 2021/2022).
- **Complètement naturel:** Les principes, actifs végétaux proviennent de processus biotiques répandus chez tous les êtres vivants, alors que l'essentiel des médicaments de synthèses sont des Xénobiotiques aux effets secondaires très mal maîtrisés (Nekkache *et al.*, 2021/2022).

- **Haute efficacité thérapeutique:** Il est acquis que les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus en plus de certaines allergies ou affections (**Ghennai et al., 2023/2024**).
- **Ressources végétales renouvelables:** Les plantes médicinales est une ressource naturelle renouvelable, C'est-à-dire, que l'apparition ou la disparition des plantes, se fait périodiquement et continuellement dans des saisons définies par la nature (la biologie de la plante, l'écologie...etc) ces ressources subissent des dégradations irréversibles (**Mokadem, 1999**).

12. Les inconvénients des plantes médicinales:

Les plantes médicinales, bien qu'elles soient perçues comme naturelles et donc sans danger, peuvent présenter des risques significatifs pour la santé. Leur efficacité n'est pas toujours scientifiquement prouvée, et certaines espèces contiennent des substances toxiques pouvant entraîner des intoxications graves, voire mortelles, même à faible dose.

La toxicité peut être due à plusieurs facteurs:

- **La dose:** En prescrivant des médicaments à base de plantes (**Abbas et al., 2022 /2023**) ont déclaré que les erreurs de préparation, l'identification incorrecte des espèces de plante et l'utilisation aveugle étaient à l'origine de risque de surdosage, d'un manque d'efficacité et d'effets indésirables pouvant nuire à la santé d'un utilisateur.
- **L'automédication:** Une mauvaise utilisation des plantes médicinales, notamment en l'absence de conseil d'un professionnel de santé, peut avoir des conséquences néfastes. Les préparations domestiques sont souvent de qualité variable et peuvent contenir des contaminants (**Oullai et Chamek, 2018**).
- **La plante elle-même:** Certaines espèces renferment des composés hautement toxiques, et une mauvaise identification peut conduire à une confusion avec une plante inoffensive (**Oullai et Chamek, 2018**).
- **Les interactions médicamenteuses:** La prise concomitante de plantes et de médicaments peut amplifier ou annuler leurs effets respectifs. Par exemple, le millepertuis peut inhiber l'effet de médicaments comme la digoxine (**Tarabet et Toumi, 2017**).
- **Les prédispositions individuelles:** Certaines personnes peuvent être plus sensibles aux effets toxiques de certaines plantes en raison de problèmes de santé sous-jacents. Par exemple, les personnes souffrant d'insuffisance rénale doivent éviter les plantes riches en oxalates, comme la rhubarbe. (**Tarabet et Toumi, 2017**) En plus certains plantes contiennent des fois des substances allergisantes.

- Il y a aussi beaucoup d'herbes qui ne sont pas recommandés pour les enfants et sont dangereux pour eux, ainsi que pour les femmes enceintes. **(Oullai et Chamek, 2018).**

Les phytothérapeutes d'aujourd'hui utilisent les plantes médicinales de manière judicieuse. Ils reconnaissent les limites de ces dernières et ne les substituent pas aux traitements conventionnels pour les maladies graves comme les infections aiguës ou le diabète. En revanche, ils les emploient efficacement pour soulager les affections bénignes telles que les troubles digestifs, les problèmes de peau et les troubles légers du système nerveux. Il est donc essentiel de consulter un professionnel de santé avant d'utiliser un produit à base de plantes **(Amandine, 2014).**

Chapitre II: Les métabolites secondaires.

1. Généralité sur les métabolites secondaires:

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides), qui participent à la structure de la cellule végétale ainsi qu'à son fonctionnement de base (**Hopkins, 2003**). Ces métabolites sont aussi définis comme des molécules qui se trouvent dans toutes les cellules végétales et nécessaires à leur croissance (**Raven *et al.*, 2000**). Par opposition les métabolites secondaires ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolites primaires et résultent des réactions chimiques ultérieures (**Croteau *et al.*, 2000; Raven *et al.*, 2000**).

Les métabolites secondaires végétaux sont des molécules organiques d'une grande diversité structurale, ne participant pas directement au métabolisme primaire (photosynthèse, respiration, croissance), se trouvent dans toutes les parties de la plante et sont distribués en fonction de leurs rôles défensifs, cette distribution variant d'une espèce à l'autre (**Ababsa et boukaous, 2018**).

Les métabolites secondaires jouent un rôle crucial dans la défense des plantes contre les herbivores et les microbes (bactéries, champignons, virus), ainsi que dans leurs interactions avec l'environnement, notamment par la filtration des UV grâce aux composés phénoliques et par la pollinisation via les pigments floraux (**Gravot, 2008**).

Les métabolites secondaires, caractéristiques des plantes supérieures telles que les arbres et les plantes à fleurs, jouent un rôle fondamental dans leur structure (lignines, tanins) et leur adaptation à l'environnement, certains étant toxiques et stockés dans des vésicules spécifiques ou utilisés pour gérer le stress (**Louis, 2004; Akula et Ravishankar, 2011**). La concentration des métabolites secondaires dans les différentes parties des plantes est influencée par plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, l'intensité lumineuse, l'eau, les sels minéraux et le CO₂. Ils sont également des sources importantes pour les produits pharmaceutiques, les additifs alimentaires et les arômes (**Ramakrishna et Ravichankar, 2011**).

Bien que les avancées scientifiques aient permis de nombreuses découvertes, la complexité du règne végétal reste en grande partie méconnue, seule une infime partie de ses composés ayant été identifiée. Cependant, il est désormais admis que les vertus thérapeutiques des plantes ne résident pas dans l'action isolée d'une molécule, mais plutôt dans la synergie complexe de l'ensemble de leurs substances, agissant de concert pour produire des effets bénéfiques (**Benamira *et al.*, 2021**).

2. Définition des métabolites secondaires:

Les métabolites secondaires sont des dérivés des métabolites primaires produits par les plantes en raison de divers changements physiologiques (**Ashraf *et al.*, 2018; Seca et Pinto, 2018; Liu *et al.*, 2022**). Ils améliorent considérablement la croissance et la survie des plantes sous différentes conditions (changement de climat, attaque des champignons...) (**Quideau, 2013**).

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées par les plantes autotrophes (**Charif et Louizini, 2016**).

Ils sont des produits naturels et des molécules de faible poids moléculaire avec diverses structures chimiques et activités biologiques. Ils sont synthétisés principalement par les bactéries, les champignons et les plantes. Le nom métabolite secondaire provient de la première observation que leur production n'est pas nécessaire à la croissance et à la reproduction des organismes, contrairement aux métabolites qui comprennent les lipides, les acides aminés, les glucides et les acides nucléiques. Cependant, les métabolites secondaires sont loin être secondaires et le terme « métabolites spécialisés » émerge pour les décrire (**Collemare *et al.*, 2020**).

3. Classification des métabolites secondaires:

Le règne végétal abrite environ 100 000 métabolites secondaires, classés selon leur biosynthèse en trois groupes majeurs : les composés phénoliques (flavonoïdes et non-flavonoïdes), les terpènes et les composés azotés tels que les alcaloïdes (**Silva *et al.*, 2022; Ashraf *et al.*, 2018; Seca et Pinto, 2018**).

3.1. Les composés phénoliques:

Les composés phénoliques sont des substances présentes dans tous les végétaux et dans tous les organes de la plante (**Naczki et Shahidi, 2003; Barboni, 2006; Sun *et al.*, 2011**). Les composés phénoliques, une vaste famille de substances végétales, se caractérisent par la présence d'au moins un noyau benzénique portant un ou plusieurs groupes hydroxyle, libres ou liés sous forme d'éthers, d'esters ou d'hétérosides ; ces dérivés non azotés, dont le squelette aromatique provient principalement des voies métaboliques de l'acide shikimique et/ou des polyacétates, jouent un rôle crucial dans la physiologie des plantes (**Bruneton, 2009**).

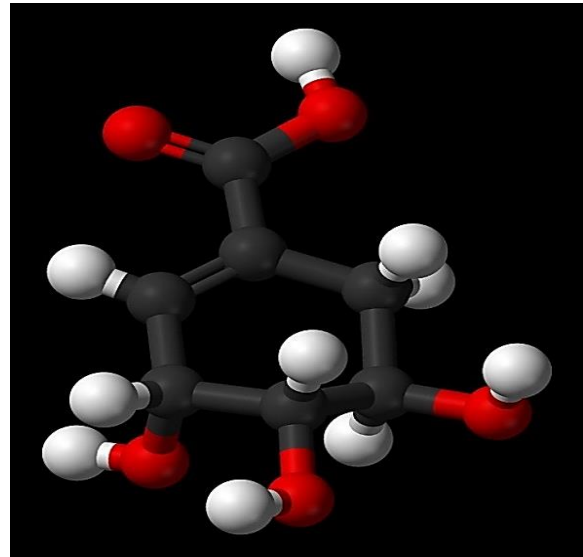
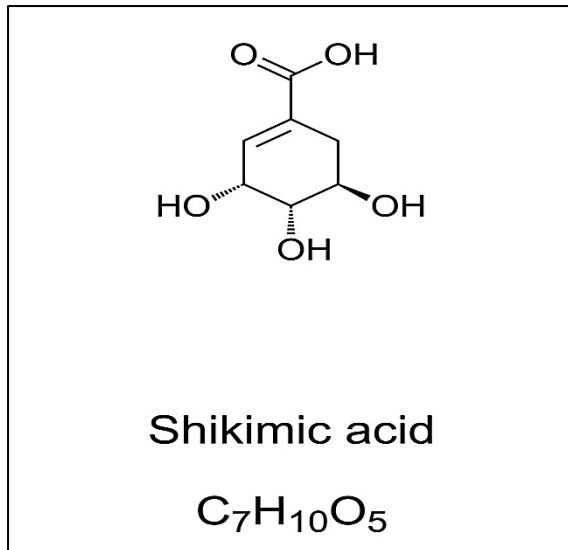


Figure 11: Structure de l'acide Shikimique.

Les composés phénoliques représentent 2 à 3% de la matière organique des plantes et dans certains cas jusqu'à 10% (**Remesy *et al.*, 1996**). La large distribution des polyphénols dans les végétaux est à l'origine des différentes classifications de ceux-ci (**Tsao, 2010**). Largement répandus dans les différentes parties des plantes, les composés phénoliques, dont plus de 8 000 structures ont été identifiées (**Di Ferdinando *et al.*, 2014; Agati *et al.*, 2012**). Contribuent non seulement aux propriétés organoleptiques des aliments végétaux et aux processus de croissance et de reproduction, mais jouent également un rôle crucial dans la défense des plantes contre les pathogènes, la protection des cultures contre les ravageurs et la régulation de la germination des graines avant la récolte (**Bravo, 1998**).

Les polyphénols, composants clés de nombreuses plantes médicinales, offrent des bénéfices substantiels pour la santé humaine, particulièrement en phytothérapie et en hygiène alimentaire, parce que l'efficacité de nombreuses plantes médicinales repose sur leur teneur en composés phénoliques. Ces composés offrent des avantages considérables pour la santé humaine en réduisant les risques de pathologies liées au vieillissement et aux lésions oxydatives, telles que les cancers, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives, comme le démontrent de plus en plus d'études (**Hennebelle *et al.*, 2004**).

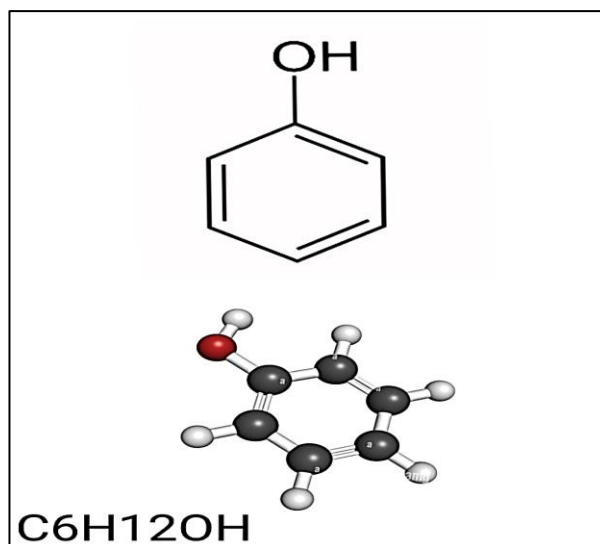


Figure 12: Molécule de phénol (Ashqer et Saadeddin, 2015).

3.1.1. Phénols simples et acides phénoliques:

3.1.1.1. Les phénols simples:

Les phénols simples tels que le catéchol, gaulthier, phloroglucinol sont plutôt rare dans la nature à l'exception de l'hydroquinone qui existe dans plusieurs familles des plantes (Rosacées) (Bruneton, 2009).

3.1.1.2. Les acides phénoliques:

Ils ne possèdent pas de squelette flavane. Ils sont solubles dans l'éther. Ils peuvent être associés à la lignine, présents sous forme d'ester, ou localisés dans la fraction de la feuille insoluble dans l'alcool (Barboni, 2006). Ils présentent des propriétés biologiques variées, notamment anti-inflammatoires, antiseptiques urinaires, cholagogues, antiradicalaires, hépatoprotectrices, cholérétiques, immunostimulantes et antioxydantes. Ils sont classés en deux types principaux : les acides hydroxybenzoïques et les dérivés d'acides hydroxycinnamiques (Bruneton, 1999; Barboni, 2006).

- **Acides hydroxybenzoïques:** Ces acides caractérisés par une structure C₆-C₁ (noyau benzénique lié à une chaîne aliphatique à un carbone), sont largement présents dans les plantes, aussi bien sous forme libre que combinée (esters, hétérosides). Parmi eux, on trouve des composés courants tels que l'acide vanillique, l'acide syringique, l'acide gallique et l'acide gentisique (Achat, 2013).

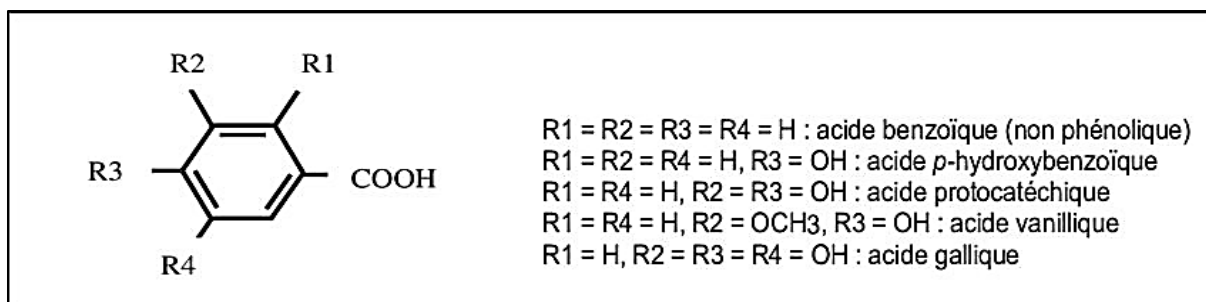


Figure 13: Structure chimique des acides hydroxybenzoïques (Achat, 2013).

Structure	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide <i>p</i> coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH ₃	OH	H	Acide férulique
	OCH ₃	OH	OCH ₃	Acide sinapique

Figure 14: Principaux acides hydroxycinnamiques (Cheynier, 2006).

- **Acides hydroxycinnamiques:**

Dérivés de l'acide cinnamique, caractérisés par une structure de base C₆-C₃, présentent un noyau benzénique associé à une chaîne aliphatique à trois carbones. Largement répandus dans le règne végétal, ils se trouvent rarement sous forme libre, étant le plus souvent estérifiés ou combinés avec d'autres composés tels que les sucres ou les polyols, à l'exemple de l'acide quinique (Achat, 2013).

3.1.2. Les flavonoïdes:

Les flavonoïdes constituent une vaste famille de composés polyphénoliques naturels, presque universellement présents dans le règne végétal, où ils agissent souvent comme pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Seyoum *et al.*, 2006). Dans la nature, ils se trouvent principalement sous forme d'hétérosides (Ghestem *et al.*, 2001).

Sur le plan biochimique, les flavonoïdes, appartenant à la famille des benzopyrones et à la sous-classe des gamma-benzopyrones, se retrouvent dans diverses parties des plantes supérieures, telles que les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs, le pollen, les fruits, les graines et le bois, leur localisation variant selon l'espèce végétale (Badaouiet *et al.*, 2013).

Les flavonoïdes hétérosidiques, solubles dans l'eau et les alcools, se distinguent des flavonoïdes lipophiles présents dans les tissus superficiels des feuilles, lesquels sont solubles dans les solvants polaires et apolaires, tels que le dichlorométhane (**Bruneton, 1999**).

Les flavonoïdes, grâce à leurs propriétés diversifiées, sont largement valorisés dans divers secteurs : en cosmétique et agroalimentaire, où ils sont présents dans des produits comme le jus de citron, et en pharmacie, où les fleurs de trèfle rouge sont utilisées pour atténuer les symptômes du rhume et de la grippe. De plus, leurs propriétés anti-inflammatoires et antivirales en font des composés d'intérêt thérapeutique (**Amiri et Belhadj, 2019/2020**).

Ils jouent un rôle très important dans la croissance des plantes, la floraison, la fructification et la défense contre les maladies, et les microorganismes. Ils sont impliqués dans le transport d'électrons lors de la photosynthèse et ils jouent un rôle de protection contre les effets néfastes des rayons UV en agissant comme antioxydants (**Havsteen, 2002**).

Les flavonoïdes, classés en sous-groupes variés selon le degré d'oxydation du carbone central, la saturation de l'hétérocycle et la présence ou l'absence de l'hétérocycle (**Abbas et al., 2017**), incluent principalement les flavanones, flavanols, flavonols, isoflavones, flavones et anthocyanidines. D'autres flavonoïdes, présents en moindre concentration dans les aliments, comprennent les flavane-3,4-diols, dihydroflavonols, coumarines, dihydrochalcones, chalcones et aures (**Williamson et al., 2009**).

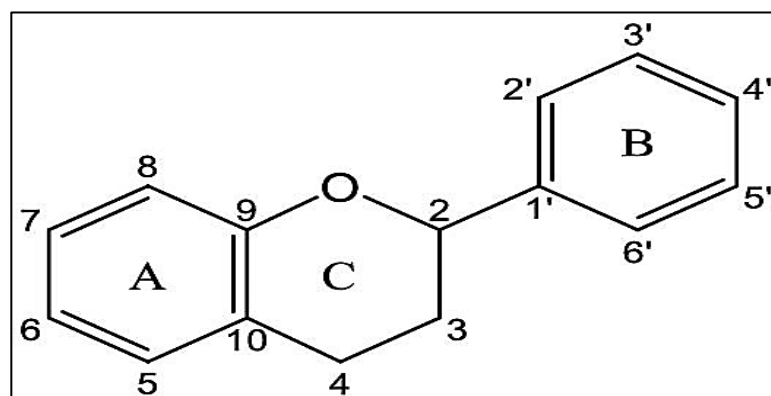


Figure15: Structure de base du flavonoïde (**Miramont, 2021**).

a. Flavonols:

Les flavonols, caractérisés par un hétérocycle oxygéné avec une double liaison entre C₂ et C₃ et un groupe hydroxyle en C₃, se trouvent largement dans des aliments tels que les oignons, le chou frisé, les poireaux et le brocoli, où leur biosynthèse est stimulée par la lumière. Ils existent principalement sous forme glycosylée, avec des sucres comme le glucose, le xylose, l'arabinose, le galactose ou le rhamnose (Colin et Grouzet, 2011; Abbas *et al.*, 2017; Archivio *et al.*, 2007).

Flavonols	R ₁	R ₂	R ₃
Kaempférol	H	H	OH
Quercétine	OH	H	OH
Myricétine	OH	OH	OH
Isorhamnétine	OCH ₃	H	OH
Rutine	OH	H	Rutinosé

Figure16: Structure chimique de quelques flavonols (Collin et Crouzet, 2011).

b. Flavones:

Ce sont les flavonoïdes les moins communs. Ils possèdent la structure de base des flavonoïdes avec double liaison entre C₂ et C₃ et se distinguent des flavonols par l'absence d'oxygénation (OH) en C₃. Ils se trouvent essentiellement dans le céleri, le persil et quelques fines herbes (Crozier *et al.*, 2009).

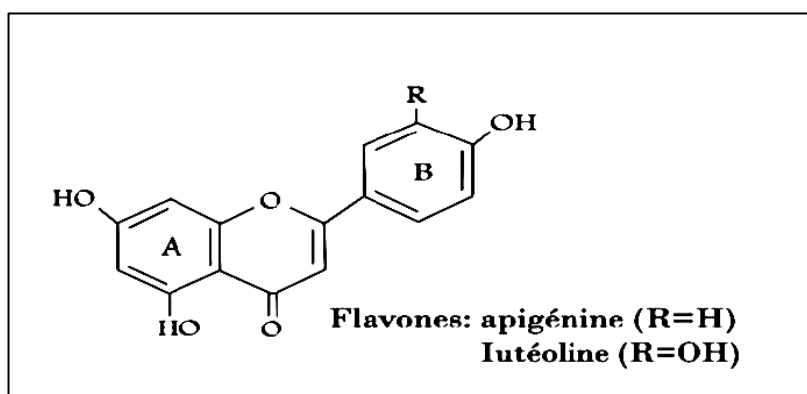


Figure 17: Structure chimique des flavones (Macheix *et al.*, 2005).

c. Flavanones:

Les flavanones, caractérisées par l'absence de double liaison entre C₂ et C₃ (chaîne saturée) et la présence d'un centre chiral en C₂, présentent également une chaîne saturée à trois atomes de carbone et un atome d'oxygène en C₄. On les trouve en abondance dans les agrumes, ainsi que dans les tomates et certaines plantes aromatiques comme la menthe (Macheix *et al.*, 2005; Frydman *et al.*, 2013).

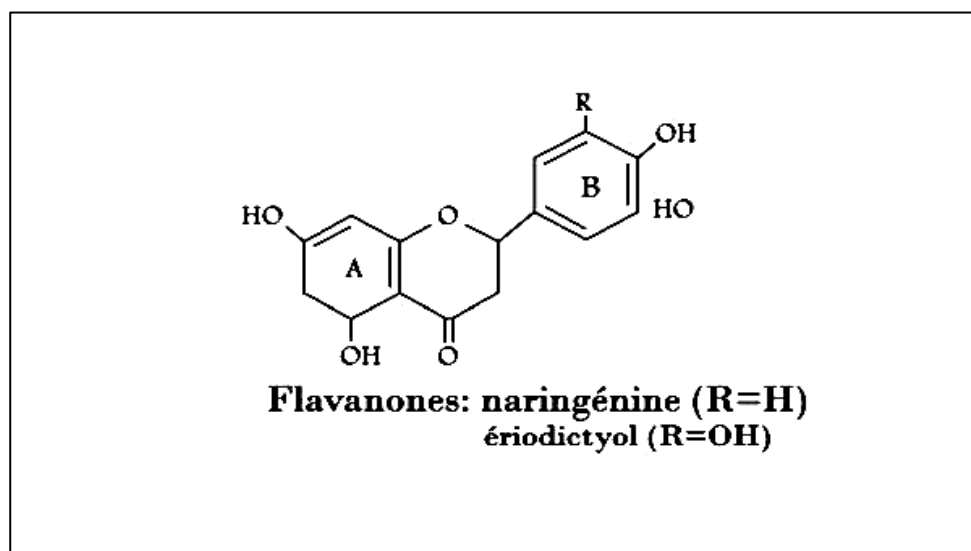


Figure 18: Structure chimique des flavanones (Macheix *et al.*, 2005).

d. Isoflavones:

Ils se distinguent par la liaison de l'anneau B à l'hétérocycle C à C₃ (Crozier *et al.*, 2009). Ils sont presque exclusivement présents dans les légumineuses (Macheix *et al.*, 2005; Teng et Chen, 2019).

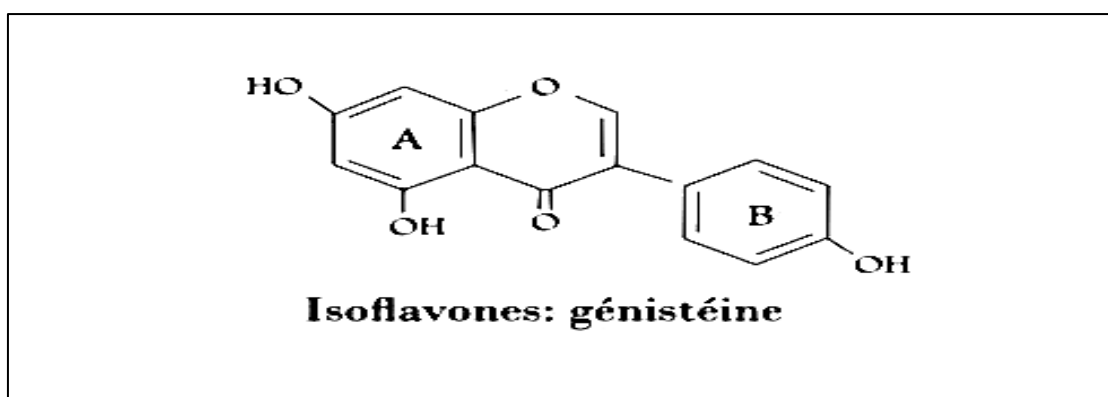


Figure 19: Structure chimique des isoflavones (Macheix *et al.*, 2005).

e. Les flavan-3-ols:

Les flavanols ou les flavan-3-ols sont appelés souvent catéchine et sont caractérisés par l'absence de double liaison entre C₂ et C₃ dans l'hétérocycle C. Ils représentent la sous classe la plus complexe allant des simples monomères (catéchine et épicatechine), aux polymères de proanthocyanidines qui sont des tanins condensés (Macheix *et al.*, 2005; Tsao, 2010; Asenso *et al.*, 2015; Yqub *et al.*, 2016).

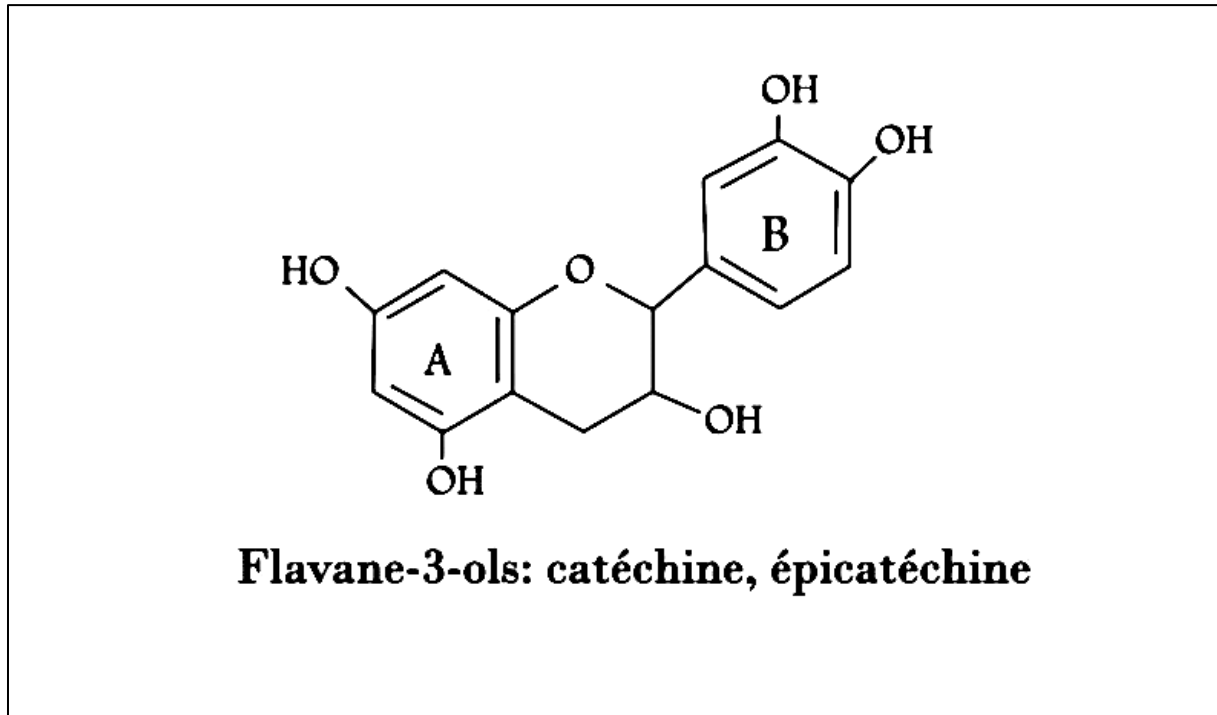


Figure 20: Structure chimique des flavan-3-ols (Macheix *et al.*, 2005).

f. Les anthocyanes:

Les anthocyanes, pigments hydrosolubles responsables des couleurs rouge, bleu et violet dans les fruits (Mazza *et al.*, 2004), légumes et fleurs, sont largement présents dans l'alimentation humaine (vin rouge, céréales, légumes et fruits) (Archivio *et al.*, 2007). Ils se composent d'anthocyanidines (avec un hétérocycle pyrrole) et d'anthocyanosides, les plus courantes étant la pélagonidine (rouge-orange), la cyanidine (rouge magenta) et la delphinidine (mauve) (Crozier *et al.*, 2008).

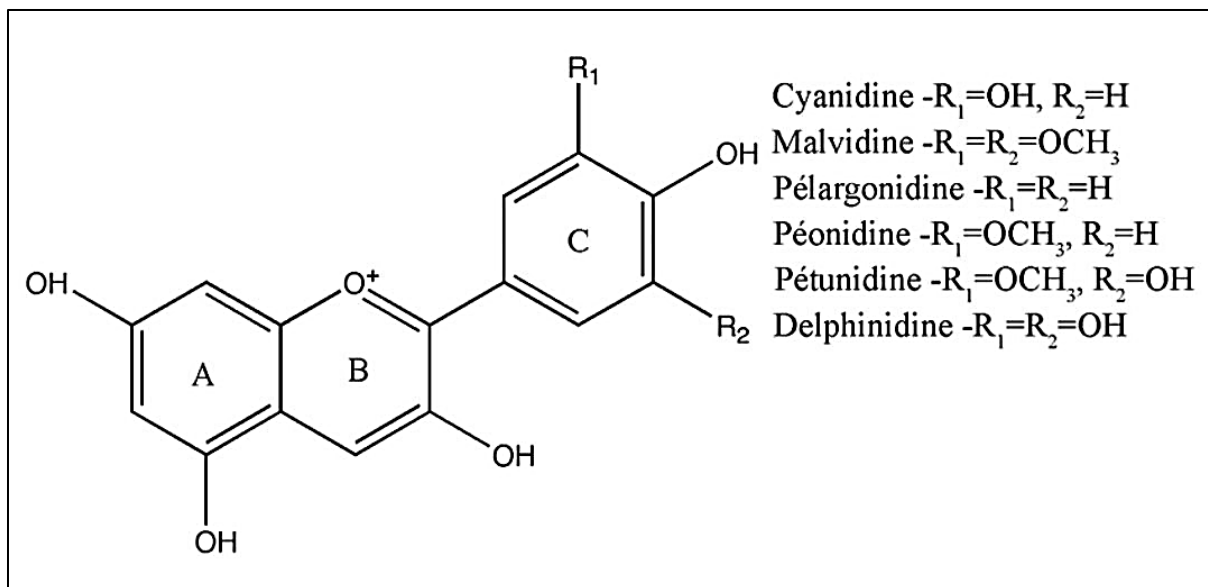


Figure 21: Structure des anthocyanidines les plus courants (Tsao, 2010).

3.1.3. Tanins:

Les tanins sont des polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbre et les fruits (raisin, datte, café, cacao...). Leur poids moléculaire est compris entre 500 et 3000 Da et leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992).

Ces tanins sont des donneurs de protons aux radicaux libres lipidiques produits au cours de la peroxydation. Des radicaux tanniques plus stables sont alors formés, ce qui a pour conséquence de stopper la réaction en chaîne de l'auto oxydation des lipides (Cavin, 1999).

Les tanins sont des composés phénoliques condensés. On distingue deux grands groupes différents selon leur structure chimique et leur composition : les tanins hydrosolubles et les tanins condensés (Macheix *et al.*, 2005).

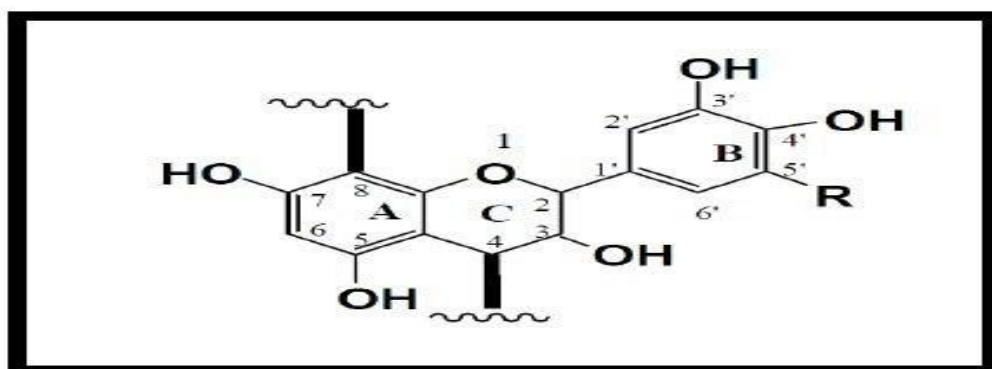
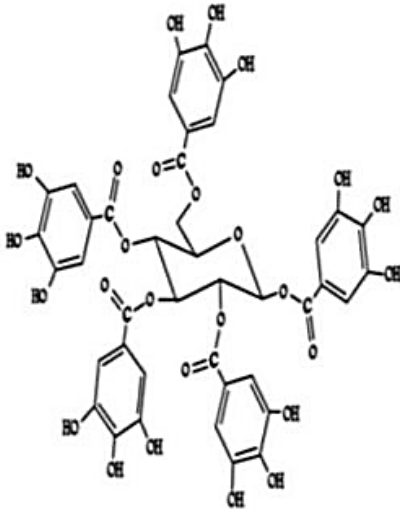


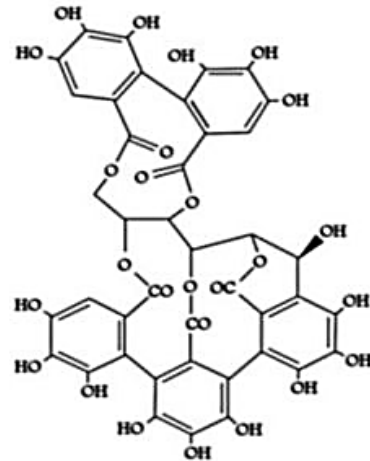
Figure 22: Structure des Tanins (Site n° 06).

- **Les tanins hydrosolubles:**

Les tanins hydrosolubles (hydrolysables) sont des polyesters de glucides et d'acides phénols, ils sont facilement scindés par les enzymes de tannases en oses et en acide phénol, selon la nature de celui-ci on distingue: les tanins galliques, et les tanins ellagiques. On les trouve chez les dicotylédones et certains arbres (**Paris et Hurabielle, 1981**).



Pentagalloylglucose



Castalagine

Figure 23: Structures de deux tanins hydrosolubles (**Macheix et al., 2005**).

- **Les tanins condensés:**

Les tanins condensés sont des polymères de flavan-3-ols (éventuellement flavane-3,4- diols) (**Figure 24**). Ces composés sont non hydrolysables sauf sous action chimique forte (acide) et à chaud. Ils sont appelés ainsi proanthocyanidines en raison de leur capacité de se transformer en pigment rouge (**Ababsa et Boukaous, 2018**).

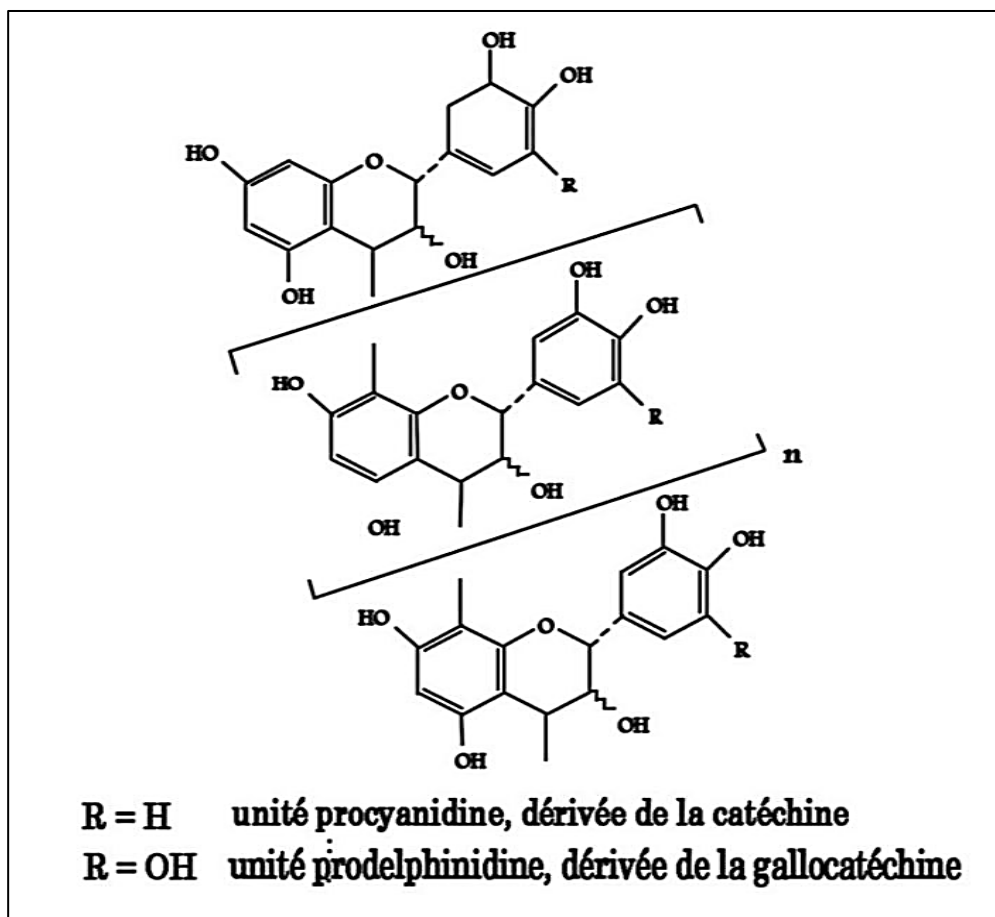


Figure 24: Structure d'un tanin condensé (Macheix *et al.*, 2005).

Nbre de C	Squelette de base	Classe	Exemple	Plante alimentaire (exemple)
6	C ₆	Phénol simple	Catéchol	
7	C ₆ -C ₁	A. Hydroxybenzoïque	p-Hydrobenzoïque	Epices, fraise
9	C ₆ -C ₃	A. Hydroxycinnamique	Acide caféique	Pomme, P. de terre
		Coumarines	Scopoline	Citrus
10	C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Juglone	Noix
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Mangiférine	Mangue
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes	Quercétol, cyanidol	Fruits, légumes
		Isoflavonoïdes	Daidzéine	Soja, pois
N	(C ₆ -C ₃) _n	Lignines		Fruits à noyau
N	(C ₁₅) _n	Tanins		Raisin rouge, kaki

Tableau 03: Principales classes des composés phénoliques (Macheix, 1996).

3.2. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes, un groupe de métabolites secondaires contenant des atomes d'azote basiques, incluent également des composés apparentés aux propriétés neutres ou faiblement acides. Outre le carbone, l'hydrogène et l'azote, ils peuvent contenir de l'oxygène, du soufre et, plus rarement, d'autres éléments tels que le chlore, le brome et le phosphore (**Bhattacharya, 2019**).

Les alcaloïdes, largement utilisés en pharmacie, agissent sur le système nerveux humain, notamment en modulant les neurotransmetteurs comme l'acétylcholine. Ils possèdent diverses propriétés: analgésiques (cocaïne), anticholinergiques (atropine), antipaludiques (quinine), antihypertensives (réserpine), antitussives (codéine), stimulantes du système nerveux central (caféine), et d'autres encore, telles que dépressives cardiaques et diurétiques narcotiques (morphine) (**Badiaga, 2011**).

D'après **Poisson (2017)**, un alcaloïde doit répondre à cinq critères : rattachement aux molécules organiques, présence d'azotes, formation de sels, activité physiologique, obtention de dérivés insolubles avec certains réactifs dits « réactifs généraux des alcaloïdes ». A l'exception de caféine et de colchicine, non salifiables, qui sont assimilées aux alcaloïdes par la plupart des chimistes.

Le premier alcalin qui a été découvert est la morphine en 1806, caractérisé par son effet analgésique (calmant), aussi est prescrit comme médicament de la toux (**Bouharmont, 2014**).

Les alcaloïdes sont généralement classés en :

- **Alcaloïdes vrais:** Les alcaloïdes vrais contiennent ordinairement un azote hétérocyclique dans leurs structures qui dérivent des acides aminés.
- **Pseudo- alcaloïdes:** Les pseudo-alcaloïdes présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais mais ce ne sont pas des dérivés des acides aminés.
- **Proto- alcaloïdes:** Les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'atome d'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique mais forme plutôt des groupements aminés latéraux. Ils sont biosynthétisés à partir des acides aminés (**Kebiliz, 2016**).

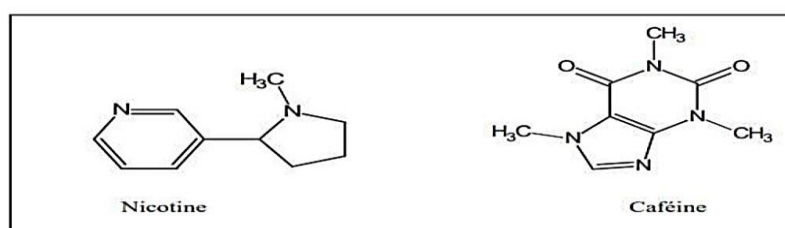


Figure 25: Structure de quelques alcaloïdes (**Benamira et al., 2021**).

3.3. Les saponosides:

Les saponosides, également appelés saponines, sont des composés abondants dans le règne végétal. Leur nom, dérivé du latin "sapo" signifiant savon, reflète leur capacité à former une solution moussante lorsqu'ils sont mis en contact avec de l'eau (Vincken *et al.*, 2007).

Le terme de saponoside est dérivé de la saponaire (*saponaria*) qui était jadis utilisée comme substitut du savon. Les saponines sont des terpènes glycosylés, ils peuvent être des stéroïdes glycosylés, des stéroïdes, alcaloïdes glycosylés ou des hétérosides tri terpéniques. Ils peuvent aussi se trouver sous forme d'aglycones (ou génines ; ce sont des composés terpéniques ne possédant pas de glucide) appelés Sapogénines. La combinaison d'un tri terpène hydrophobe et d'un glucide hydrophile confère aux saponosides des propriétés tensioactives ou de détergent qui lorsqu'ils sont agités avec de l'eau (Asme, 2021).

Les saponines sont des constituant naturelles de nombreuses plantes médicinales, elles existent sous deux formes:

- **Les saponines stérique ayant les stéroïdes:** Ils possèdent un squelette de spirostane avec 27 atomes de carbone qui comporte habituellement six cycles. Elles sont présentes essentiellement chez les angiospermes monocotylédones (Sparg *et al.*, 2004).

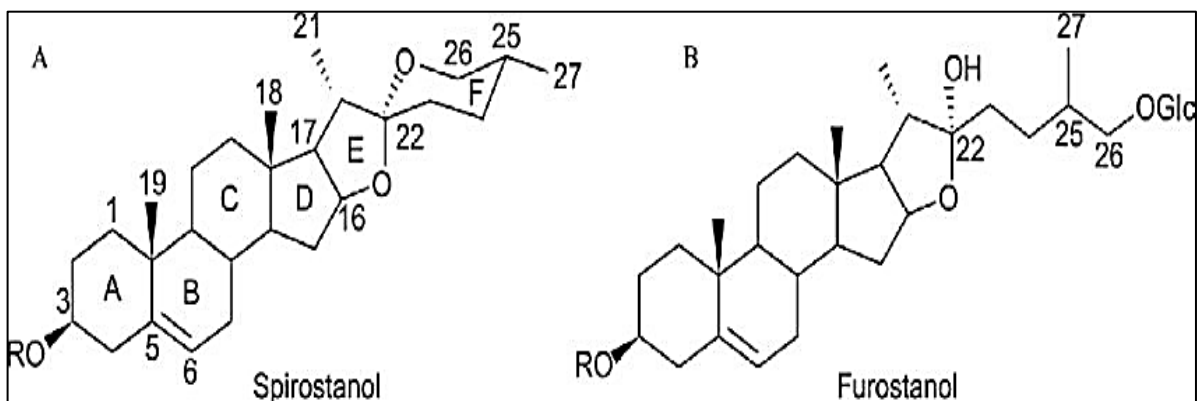


Figure 26: Structures de (A) spirostane et (B) furostane saponines (Dorota *et al.*, 2017).

- **Les saponines tri- terpènes:** Les saponines tri-terpènes sont constituées d'un aglycone tri-terpénoïde formé d'un squelette de 30 atomes de carbone. Elles sont présentes principalement dans les angiospermes dicotylédones. (Nekkache *et al.*, 2021/2022). La structure chimique des stéroïdes, similaire à celle de nombreuses hormones humaines telles que l'œstrogène et la cortisone, leur confère des propriétés souvent

expectorantes et favorise l'absorption des aliments (Eberhard *et al.*, 2005).

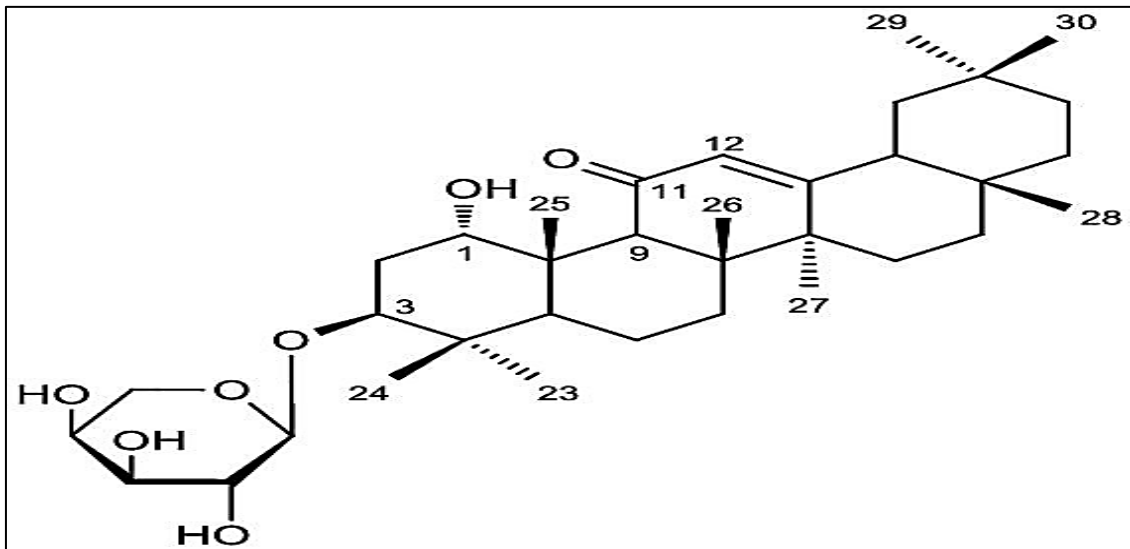


Figure 27: Structure chimique de la nouvelle saponine tri-terpénique (Nguyen *et al.*, 2020).

Les saponines possèdent plusieurs propriétés biologiques et pharmacologique. Présentes dans les tissus végétaux les plus vulnérables aux attaques fongiques, bactériennes et d'insectes, les saponines agissent comme une barrière chimique contre les agents pathogènes et les herbivores. On les trouve dans diverses parties des plantes, telles que les racines, les grains, les tiges, les pulpes, les écorces, les fleurs, les fruits, les feuilles, les péricarpes et les tubercules. (Cheok *et al.*, 2014). Les saponosides, connus pour leur activité expectorante en fluidifiant les muqueuses bronchiques enflammées, sont également de puissants hémolyseurs et possèdent des propriétés édulcorantes exploitées dans l'agroalimentaire. Des études ont démontré leur activité antifongique, notamment celle des saponosides triterpéniques du lierre contre les levures et les dermatophytes, tandis que l' α -hédérine a révélé des propriétés antitumorales et antibactériennes (Bruneton, 1999).

3.4. Les huiles essentielles:

Les huiles essentielles, également appelées essences aromatiques végétales, sont des substances naturelles extraites de plantes. Elles se caractérisent par leur nature volatile, leur parfum intense et leur texture huileuse. Bien qu'elles ne se mélangent pas à l'eau, elles se dissolvent facilement dans l'alcool et la plupart des solvants organiques (Lardry *et al.*, 2007). L'appellation « Huile » est due au caractère visqueux et hydrophobe, « Essentielles » est due au caractère principale typique de la fragrance. (Smadja, 2009). Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous-produits du métabolisme secondaire. Plus de 2000 espèces de plante sont riches en huiles essentielles sont réparties sur 60

familles dont les principaux sont : Lauraceae, Labiatea, Umbelliferae, Rutaceae, Compositae, Myrtaceae et les Pinaceae (**Makhloufi, 2010**).

La production des huiles essentielles débute dans le cytoplasme des cellules sécrétrices. Elles s'accumulent ensuite dans des cellules glandulaires spécialisées, situées à la surface de la cellule et protégées par une cuticule. Pour le stockage, ces précieuses substances sont conservées dans divers types de structures : des cellules à huiles essentielles, des poils sécréteurs, des poches sécrétrices ou encore des canaux sécréteurs (**Lagunez, 2013**). Elles se trouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles (citronnelle, eucalyptus), ou dans l'écorce (cannelier), ou dans les racines (vétiver), ou dans les fruits (vanillier), ou dans les graines (muscade) ou encore autre part dans la plante (**Makhloufi, 2010**). Les huiles essentielles sont exploitées dans plusieurs domaines dont l'aromathérapie, la phytothérapie et l'agroalimentaire (**Hendel, 2017**). L'utilisation des huiles essentielles est largement justifiée par leur vaste éventail de propriétés biologiques. De nombreuses études *in vitro* ont mis en évidence leur activité antimicrobienne, notamment celles extraites de plantes aromatiques. Elles démontrent également des effets antispasmodiques, diurétiques, expectorants, antioxydants et anti-inflammatoires. De plus, leur puissant pouvoir antifongique en fait des agents précieux dans divers domaines (**Makhloufi, 2010**).

Les huiles essentielles sont un mélange de constituants qui appartiennent à trois catégories de composés terpéniques, aromatiques et diverses (**Lagunez, 2013**).

3.4.1. Les terpénoïdes:

Les terpènes, également appelés terpénoïdes, représentent une vaste famille de métabolites secondaires d'origine végétale. Ces hydrocarbures naturels se caractérisent par leur structure cyclique ou à chaîne ouverte (**Hellal, 2012**). Les plantes sont capables de synthétiser plus de 22 000 dérivés isopréniques, chacun présentant une diversité remarquable en termes de structure, de propriétés physico-chimiques et d'activités biologiques (**Connolly et al, 1992**).

La plupart des terpènes répondent à la formule générale $(C_5H_8)_n$, ce qui souligne leur structure fondamentale basée sur squelette d'unité isoprénique à 5 atomes de carbone. Cette caractéristique structurelle est essentielle et définit leur appartenance à cette classe de composés (**Hernandez, 2005**). Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien former des cycles (**Rezgui et Makhloufi, 2022**).

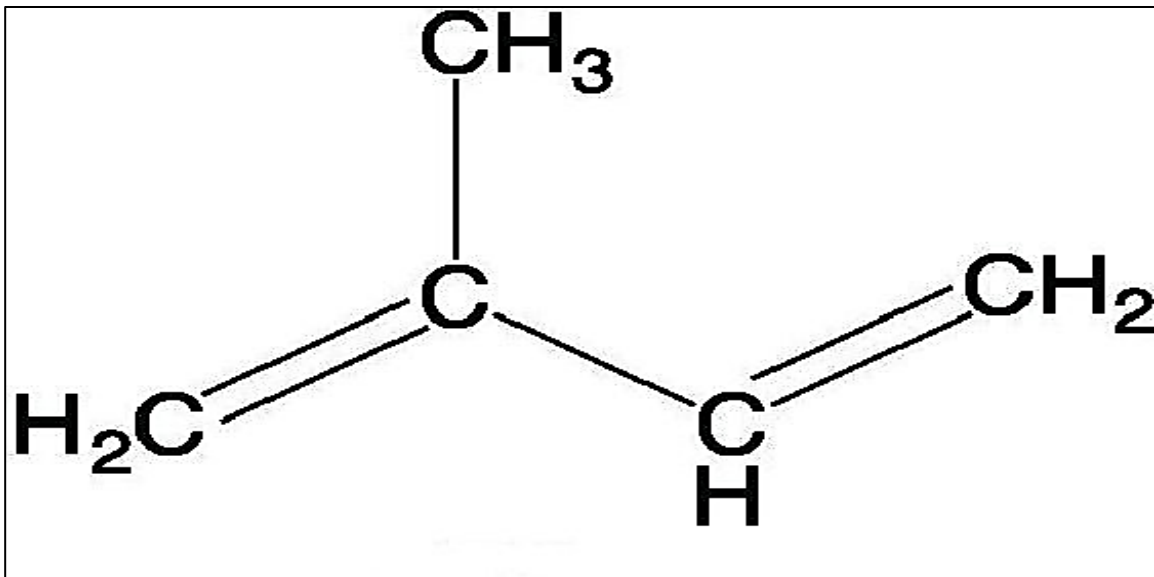


Figure 28: Structure de l'unité de base: isoprène (Almarie, 2020).

Il existe différentes classes de terpènes basées sur l'unité isoprène, y compris les mono-terpènes (deux unités C_5), les sesquiterpènes (trois unités C_5), les di-terpènes (quatre unités C_5), les tri-terpènes (six unités C_5), les tétra-terpènes (huit unités C_5) et les poly-terpénoïdes ($[C_5]_n$) (Huang *et al.*, 2012; Amirzakariya et Shakeri, 2022). Les huiles essentielles sont principalement composées de monoterpènes et de sesquiterpènes. Parmi ces deux familles, les sesquiterpènes se distinguent par leur volatilité accrue, due à leur masse moléculaire plus faible (Bruneton, 1999).

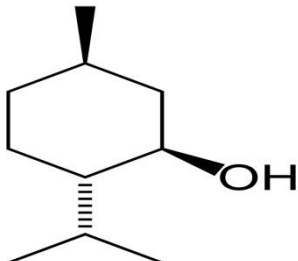
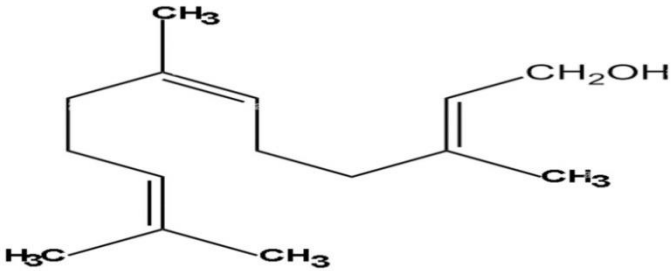
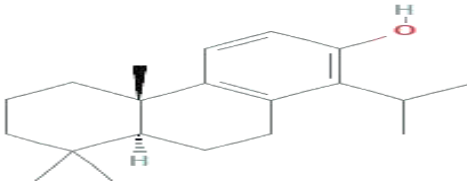
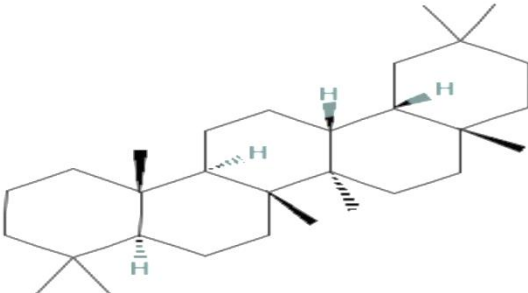
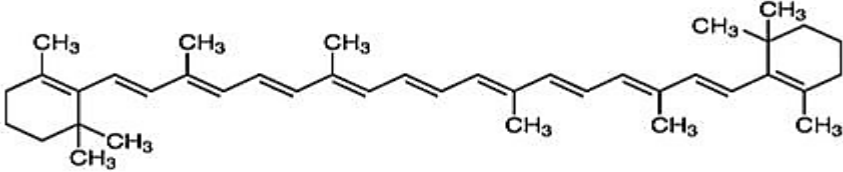
Composé	Exemple	
Mono-terpènes (C ₁₀)	Menthol	
Sesquiterpènes (C ₁₅)	Farnésol	
Di-terpènes (C ₂₀)	Totarol	
Tri-terpènes (C ₃₀)	Oléanane	
Tétra-terpènes (C ₄₀)	Bêta-carotène	
		

Tableau 04: Classes et structures des terpènes (Habra et Laoudi, 2018).

3.4.2. Les composés aromatiques:

Les composés aromatiques dérivés de phénylpropane (C_6-C_3) sont moins fréquents que les terpènes avec une biogenèse qui est totalement différente. Un noyau aromatique est couplé à une chaîne de trois carbones (**Iserin *et al.*, 2007**). Cette classe comprend des composés odorants comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthol, l'estragon. Ils sont fréquemment rencontrés dans les huiles essentielles d'apiacées (cumin, fenouil, persil et sont caractéristiques de celles de la vanille, de l'estragon, du basilic, du clou de girofle (**Chemat *et al.*, 2012**).

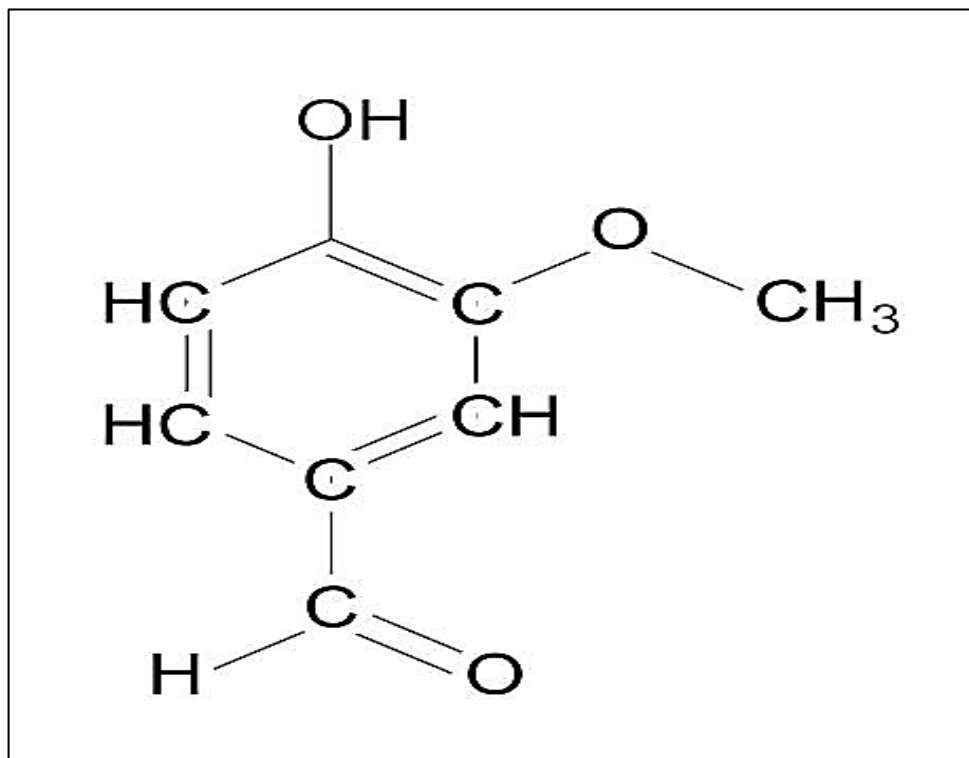


Figure 29: La Vanilline (**Nekkache *et al.*, 2021/2022**).

3.4.3. Les composés d'origine diverse:

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînaibles lors de l'hydro distillation carbure, acide (C_3 à C_{10}), alcools, aldéhydes (octanal, décanal ...), esters, lactones, produits azotés ou soufrés (**Lagunez, 2013**).

4. L'accumulation des métabolites secondaires et leur évolution:

L'accumulation des métabolites secondaires dans les plantes ne suit pas de règle fixe. Leur localisation varie considérablement en fonction des espèces et des types de composés. On peut les trouver dans divers organes, ou bien exclusivement dans des tissus spécialisés, comme les glandes situées sur la face inférieure des feuilles de menthe. Leur taux, relevé par l'analyse d'une plante ou d'un fragment, varie grandement durant l'ontogenèse (croissance jusqu'à la floraison) et l'organogenèse (formation du fruit). En réalité, la quantité de métabolites secondaires observée à un moment donné résulte d'un équilibre complexe entre divers processus métaboliques et physiologiques : la biosynthèse, la dégradation, le transport, la capacité d'accumulation et la bioconversion, cette dernière étant souvent une réponse aux contraintes environnementales (**Merghem, 2016**).

5. Les propriétés biologiques des métabolites secondaires:

5.1. Les flavonoïdes:

Les flavonoïdes sont désormais considérés comme un ingrédient indispensable dans une variété d'applications nutritionnelles, pharmaceutiques, médicales et cosmétiques. Ceci est attribué à ses propriétés antioxydants, anti-inflammatoires, antiallergiques, anti-ulcérogène, antibactériennes, antivirales, antimutagènes et anti-cancérigènes ainsi qu'à sa capacité à moduler la fonction enzymatique cellulaire clé. Ils ont également des actions positives sur le diabète, les maladies d'Alzheimer (**Panche *et al.*, 2016; Havsteen, 2002**).

5.2. Les tannins:

Les tanins sont des substances d'origine que l'on trouve dans pratiquement tous les végétaux, et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles, etc.), caractérisées par leur astringence. Ils ont la propriété de précipiter les protéines (fongiques ou virales) et les métaux lourds. Ils favorisent la régénération des tissus et la régulation de la circulation veineuse tonifient la peau dans le cas des rides (**Kansole, 2009**).

5.3. Les Alcaloïdes:

Les drogues à alcaloïdes ont une importance considérable et thérapeutique. Certaines agissent au niveau des propriétés anti-tumorales et antioxydantes. Elles agissent à faibles doses, mais peuvent même être très toxiques à très faible dose (**Bouhadjera, 2005**). Plusieurs médicaments utilisés sont des alcaloïdes naturels, ils affectent chez l'Homme le système nerveux, particulièrement les transmetteurs chimiques tels que l'acétylcholine, l'acide γ aminobutyrique (GABA), dopamine et la sérotonine, etc. Les alcaloïdes présentent plusieurs

activités pharmacologiques: anti-malaria (quinine), anti-hypertensive (réserpine), antitussive (codéine), détressant cardiaque, stimulant centrale (caféine), diurétique, anesthésiant local (cocaïne), narcotique (morphine), anti-tumeur, sympathomimétique (éphédrine) (**Badiaga, 2011**).

5.4. Saponines:

Les saponines ont de multiples effets sur les cellules animales, les champignons et les bactéries, mais peu d'études se sont intéressées à leur fonction dans les cellules végétales. De nombreuses saponines sont connues pour être antimicrobiennes, pour inhiber les moisissures et pour protéger les plantes contre les attaques d'insectes. Les saponines peuvent être considérées comme faisant partie des systèmes de défense des plantes et à ce titre, elles ont été incluses dans un vaste groupe de molécules protectrices trouvées dans les plantes et appelées « phyto-anticipines » ou « phyto-protecteurs » (**Benie et al., 1990**).

La membrane des globules rouges, riche en acides in N-acétyl-neuraminique, est globalement chargée négativement (**Muramatsu et al., 1990; Stuardo et al., 2008**). Cette charge négative globale permanente est indispensable pour empêcher les globules rouges de s'agréger et pour crée une forte concentration d'ion positifs tout autour des globules rouges (**Kawasaki et al., 1990; San Martin et al., 2008**). La plus grande activité des saponines hydrolysées qui présentent une charge négative nette peut être liée à cette accumulation de charges positives autour des globules rouges. Nous avons récemment montré que la désulfatation des saponines sulfatées charge négativement extraites de *holothuriscabra* génère des saponines neutres dont l'AH ne peut plus être détecté (**Savarino et al., 2002**).

5.5. Les Huiles essentielles (terpènes):

Le rôle biologique des essences est à l'heure actuelle mal connu. Certains terpènes linéaires pourraient avoir une fonction énergétique : mise en réserve pendant le jour, ils seraient dégradés durant la nuit en acétyl CoA. L'acide abscissique, (sesquiterpène) est une hormone végétale qui intervient notamment dans les mécanismes de dormance.

a) Pouvoir antiseptique:

Vis-à-vis de bactéries pathogènes et des champignons, le thymol est 2 fois plus antiseptique que le phénol. On utilise:

- les feuilles d'eucalyptus (Myrtacées) dont l'huile essentielle contient 71% à 80% de cinéole comme antiseptique pulmonaire.

- le clou de girofle: *Syzygium aromaticum*, dont l'eugénol représente 70% à 90% du produit d'hydro-distillation. L'essence de girofle, bactéricide et fongicide, sert comme calmant de la douleur de la pulpe dentaire et comme analgésique.

- le thymol de *Thymus* sp est utilisé aussi comme antiseptique.

- autres sources : le sapin, pin maritime.

b) Propriétés dynamisantes:

Les feuilles d'eucalyptus sont utilisées pour l'arbre bronchique, le genévrier *Juniperus* pour les reins, diurétique.

c) Propriétés spasmolytiques:

Les huiles essentielles des ombellifères : anis vert, fenouil doux sont riches en anéthol. Les huiles essentielles de certaines Labiées : les menthes (*Mentha* sp), la verveine odorante (*Lippia citriodora*) sont riches en menthol et dérivés, exercent une action stimulante de la digestion (**Merghem, 2016**).

Chapitre III: *Artemisia herba alba* Asso.

1. Présentation:

L'armoise blanche est connue depuis des millénaires. Elle a été décrite pour la première fois par l'historien grec Xénophon au début du IV^e siècle avant J.-C., dans les steppes de la Mésopotamie. Plus tard, elle a été répertoriée en 1779 par le botaniste espagnol Ignacio Jordan Claudio de Asso y del Rio (**Moukar, 2022**).

En Algérie, l'histoire de l'armoise blanche est profondément enracinée dans son utilisation traditionnelle en médecine populaire et dans son importance culturelle au sein de certaines communautés. Depuis des siècles, l'armoise blanche occupe une place significative dans la tradition médicinale algérienne en raison de ses propriétés thérapeutiques reconnues. Elle est principalement utilisée pour traiter les troubles digestifs, les infections parasitaires, les douleurs menstruelles, ainsi que diverses affections dermatologiques. De plus, ses propriétés antipyrétiques, anti-inflammatoires et antioxydantes sont bien documentées, soulignant son rôle essentiel dans la médecine traditionnelle locale (**Méradi et al., 2021**).

Artemisia herba alba Asso, communément appelée armoise blanche, est une plante ligneuse vivace appartenant à la famille des Astéracées, la plus vaste famille de plantes à fleurs. (**Pottier, 1981**). Le mot Aster du grec signifie étoile, en relation avec la forme de la fleur. Les Astéracées (anciennement Composées) sont une famille appartenant aux Dicotylédones comprenant plus de 1500 genres et plus de 25000 espèces décrites dont 750 endémiques. C'est une famille la plus importante des Angiospermes. Ce sont presque toujours des plantes herbacées avec souvent des racines charnues: rhizomateuses, tubéreuses ou pivotantes (**Crete, 1965**).

Cette espèce est largement répandue en Afrique du Nord, notamment sur les hauts plateaux semi-arides, ainsi qu'au Moyen-Orient et dans certaines régions méditerranéennes (**Houmani et al., 2004**). Dans les steppes, principales zones de parcours de l'élevage ovin nomade, elle alterne avec des formations à Alfa et occupe environ trois millions d'hectares (**Battandier, 1900; Djebaili, 1987**).

L'armoise blanche se distingue par sa petite taille (20 à 40 cm), son feuillage grisâtre et laineux, et son odeur caractéristique due à la présence d'huiles essentielles riches en thymol. Elle est également connue pour son goût amer et ses propriétés astringentes (**Nabli, 1989**).



Figure 30: *Artemisia herba halba* (Site n° 07).

2. Répartition géographique:

L'armoise blanche se développe principalement dans les zones bioclimatiques arides et semi-arides, sur des sols variés, souvent riches en calcaire. Elle préfère les hauts plateaux, les plateaux et les plaines, mais évite les endroits où l'eau de pluie s'accumule et stagne. Cette plante, la plus répandue des aromatiques, présente de nombreuses variétés au sein de son aire de distribution (**Fenardji et al ., 1974**).

2.1. Dans le monde:

L'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) est une plante aromatique très répandue dans la région méditerranéenne et au-delà. Son aire de distribution s'étend des îles Canaries et du sud-est de l'Espagne à l'ouest, jusqu'à l'Asie, en passant par l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie, Maroc, Égypte), le Proche-Orient (Syrie, Palestine) et l'Iran. Elle est également présente en Afghanistan. Cette vaste répartition géographique, couvrant environ 10 millions d'hectares en Afrique du Nord, témoigne de sa grande adaptabilité (**Nabli, 1989; Asme, 2020/2021**).



Figure 31: Aire de répartition de l'armoise blanche (**Houamel, 2018**).

2.2. En Algérie:

En Algérie, l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) prospère dans une vaste étendue biogéographique, allant des zones semi-arides supérieures jusqu'aux confins du Sahara. Elle est particulièrement abondante sur les hauts plateaux (**Nekkache *et al.*, 2021/2022**), notamment dans les régions de Freneda (Tiaret), Sétif, Bordj Bou Arreridj, Ain Beida, M'Sila et Djelfa. Cette plante est également bien établie dans les montagnes du Sahara central, en particulier dans le Hoggar, où elle s'épanouit en altitude (**Maire, 1933 ; Quezel et Santa, 1963**).

S'étendant sur environ 4 millions d'hectares, sa présence est notable dans les steppes argileuses et les sols compacts, où sa capacité à stabiliser le sol joue un rôle crucial dans la lutte contre l'érosion et la désertification. On la retrouve principalement dans les dayas, les dépressions et les zones présentant une certaine humidité, ainsi que dans certaines zones proches du littoral (**Ayad *et al.*, 2022**).

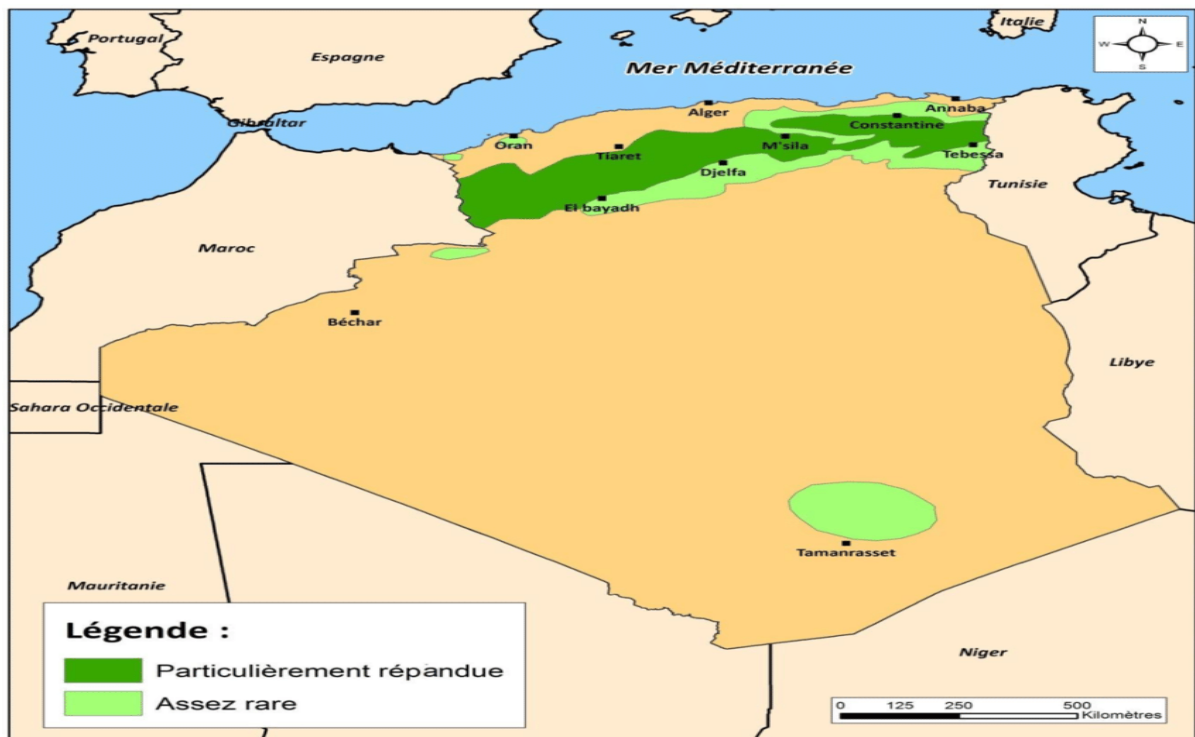


Figure 32: Situation de la steppe en Algérie (Anat, 2004).

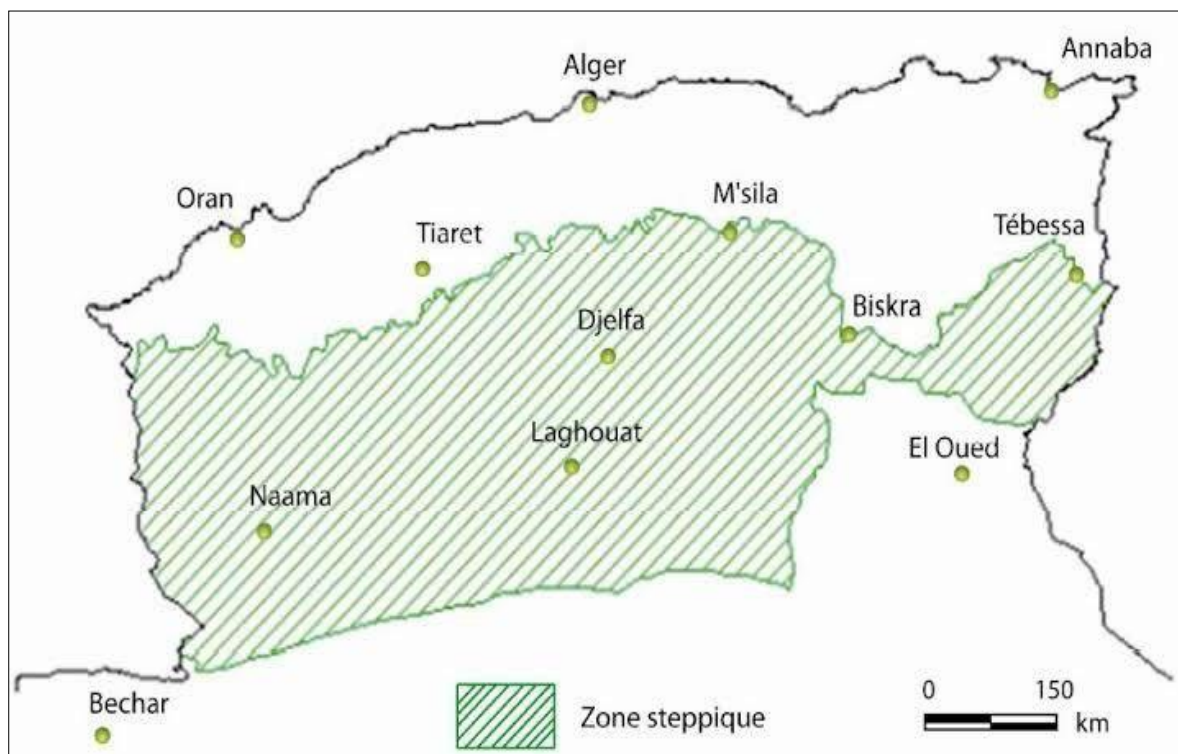


Figure 33: Aire de distribution d'*Artemisia herba alba* en Algérie (Bougoutala, 2018).

3. Nomenclature de la plante:

L'Artemisia est le nom de guerre des armoises, il provient de celui de la déesse grecque de la chasse Artémis, la diane des romains, patronne des vierges à cause des bienfaits de cette herbe. Herba alba signifie herbe blanche (Eloukili, 2013) :

3.1. Noms scientifiques:

- *Artemisia inculata* Del.
- *Artemisia sieberii* Basser.
- *Artemisia aragonensis* Lam.
- *Seriphidium herba* Asso (Soják fide) (Duke, 2007; Belhatab *et al.*, 2014).

3.2. Noms vernaculaires:

- **Arabe:** Chih.
- **Anglais:** White or desert wormwood, sagebrush.
- **Français:** Armoise blanche, thym des steppes, absinthe blanche (Duke, 2007; Lupidi, 2011).
- **Tamazight:** Ifsi.
- **Allemand:** Wermut.
- **Italien:** Assenzio romano (Nekkache *et al.* , 2021/2022).

4. Classification:

Dans le genre *Artemisia*, on compte plus de 350 espèces surtout dans l'hémisphère nord (Eberger, 1971). On compte trois espèces dans le Sahara et le steppe, *Artemisia compesiris* L, *Artemisia herba alba* Asso et *Artemisia judaica*. Il existe une autre espèce d'*Artemisia* qui se trouve généralement au nord du pays appelée *Artemisia arborescence* (Ozenda, 1958).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermaphytes (Phanérogames) ou (plantes à graines)
Sous- embranchement	Angiospermes (Plantes à fleurs)
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Astéracée
Sous-famille	Asterioideae
Tribu	Anthemideae
Sous-tribu	Artemisiinae
Genre	Artemisia
Espèce	<i>Artemisia herba Alba</i> (Asso)

Tableau 05: Classification de l'espèce *Artemisia herba-alba* Asso (Boudjelal, 2013; Mehani *et al.*, 2016).

5. Description botanique:

La plante d'Armoise blanche, comme d'autres végétaux, est dotée d'un appareil végétatif constitué de deux composantes : une partie souterraine et une partie aérienne. Et ci-dessous, la description spécifique de chaque partie:

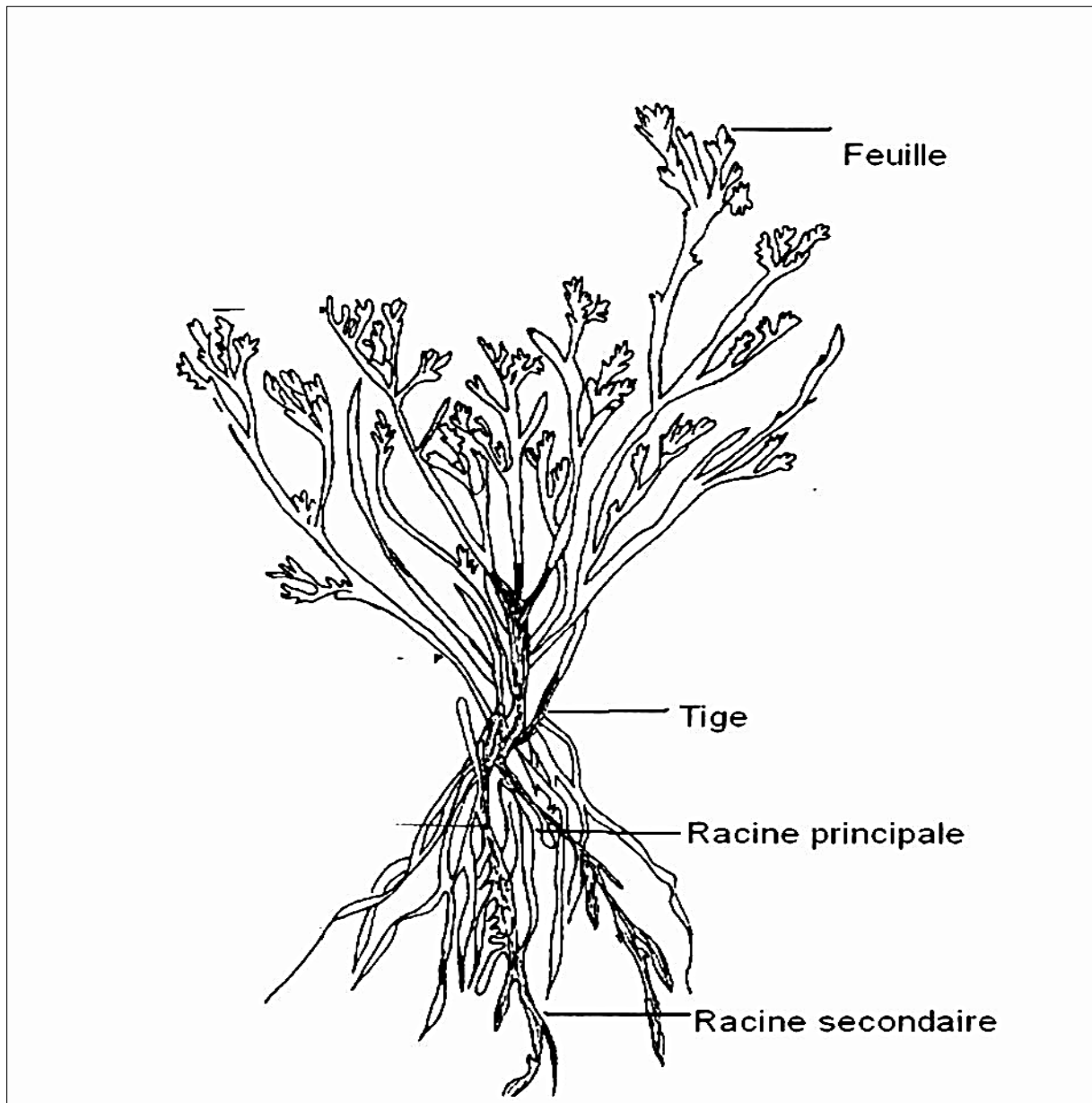


Figure 34: Morphologie général d'*Artemisia herba alba* (Eloukili, 2013).

5.1. La partie souterraine:

L'armoise blanche possède un système racinaire caractéristique, composé d'une racine principale épaisse et ligneuse, bien distincte des racines secondaires. Ces dernières s'enfoncent dans le sol comme un pivot, formant un réseau dense de ramifications latérales abondantes, principalement situées entre 2 et 5 cm de profondeur. Cette structure est souvent associée à la présence d'un calcaire superficiel, ce qui explique la faible profondeur du système racinaire (**Pourrat, 1974**).

Cependant, lorsque l'armoise se développe dans des régions plus humides, ses racines peuvent pénétrer plus profondément dans le sol, atteignant des profondeurs de 40 à 50 cm. À cette profondeur, les racines se ramifient (**Hadj Chaib et Krim, 2014/2015**). La biomasse racinaire diminue rapidement avec la profondeur, et très peu de racines sont présentes au-delà de 50 cm (**Aidoud, 1983**).

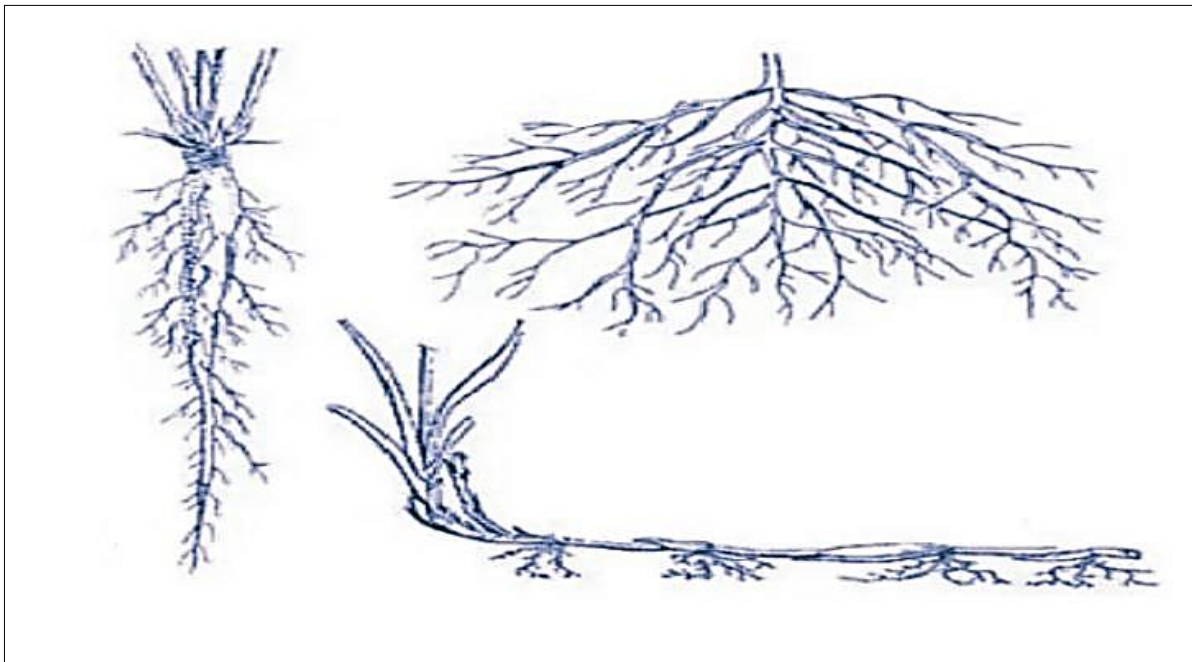


Figure 35: Partie souterraine de l'armoise blanche (**Bourfoun *et al.*, 2021**).

5.2. La partie aérienne:

Artemisia herba-alba, est un sous arbrisscau (buissonnante), xerophyte" vivant dans un milieu sec" (Ramendo, 1975), chaméphyte mais souvent devenue hémicryptophyte par le pâturage (Negre, 1962). Elle pousse généralement en touffes de tailles réduites et fragmentées dans les zones accessibles aux troupeaux (Aidoud, 1984). Cette plante se compose de partie principale c'est la partie aériennes: feuilles, tiges, fleurs etc.

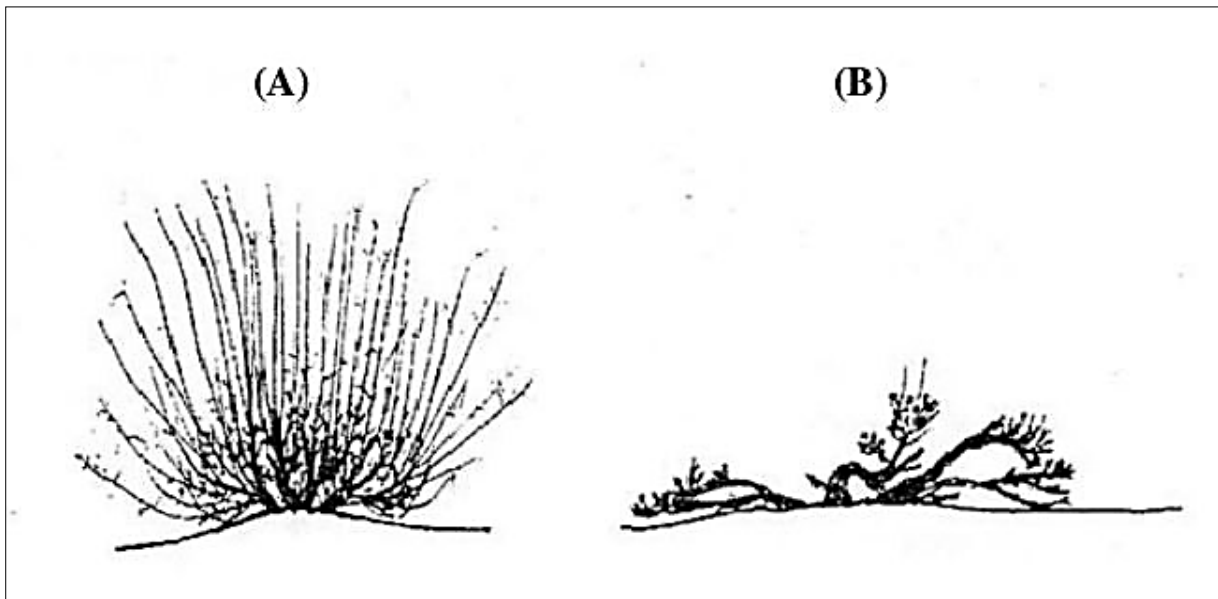


Figure 36: Morphologie de la touffe d'*Artemisia herba alba*. (A) : Touffe non pâturée ; (B) : Touffe pâturée (Aidoud, 1983).

- **La tige:** *Artemisia herba alba* est caractérisée par une tige principale très épaisse, rougeâtre et très ramifiée, celle-ci se prolonge par de nombreuses tiges dont la taille est entre 30 à 50 cm. La touffe des tiges est plus importante selon la pluviométrie (Ozenda, 1985).
- **Les feuilles:** Les feuilles sont courtes, blanches, laineuses, argentées et pennatipartites, elles sont très petites et entières, ce qui réduit considérablement la surface transpirante et permet ainsi à la plante de résister à la sécheresse (Pourrat, 1974).

Les feuilles de l'*Artemisia herba-alba* Asso présentent un polymorphisme marqué. Les premières feuilles qui se développent généralement en hiver sont grandes et profondément découpées. En revanche, les feuilles suivantes sont de taille de plus en plus réduite et moins découpées. La croissance végétative de cette plante se produit principalement à l'automne, avec des feuilles de grande

taille. À la fin de l'hiver et au printemps, les feuilles deviennent plus petites et sont riches en huiles essentielles (Kadri *et al.*, 2011; Haouari et Ferchichi, 2008). Les feuilles inférieures sont pétiolées, tandis que les feuilles caulinaires sont de plus en plus courtes et se transforment en bractées sessiles dans l'inflorescence. Ce dimorphisme saisonnier des feuilles permet à l'Armoise blanche d'adapter sa morphologie en fonction des conditions climatiques (Maghni, 2017).

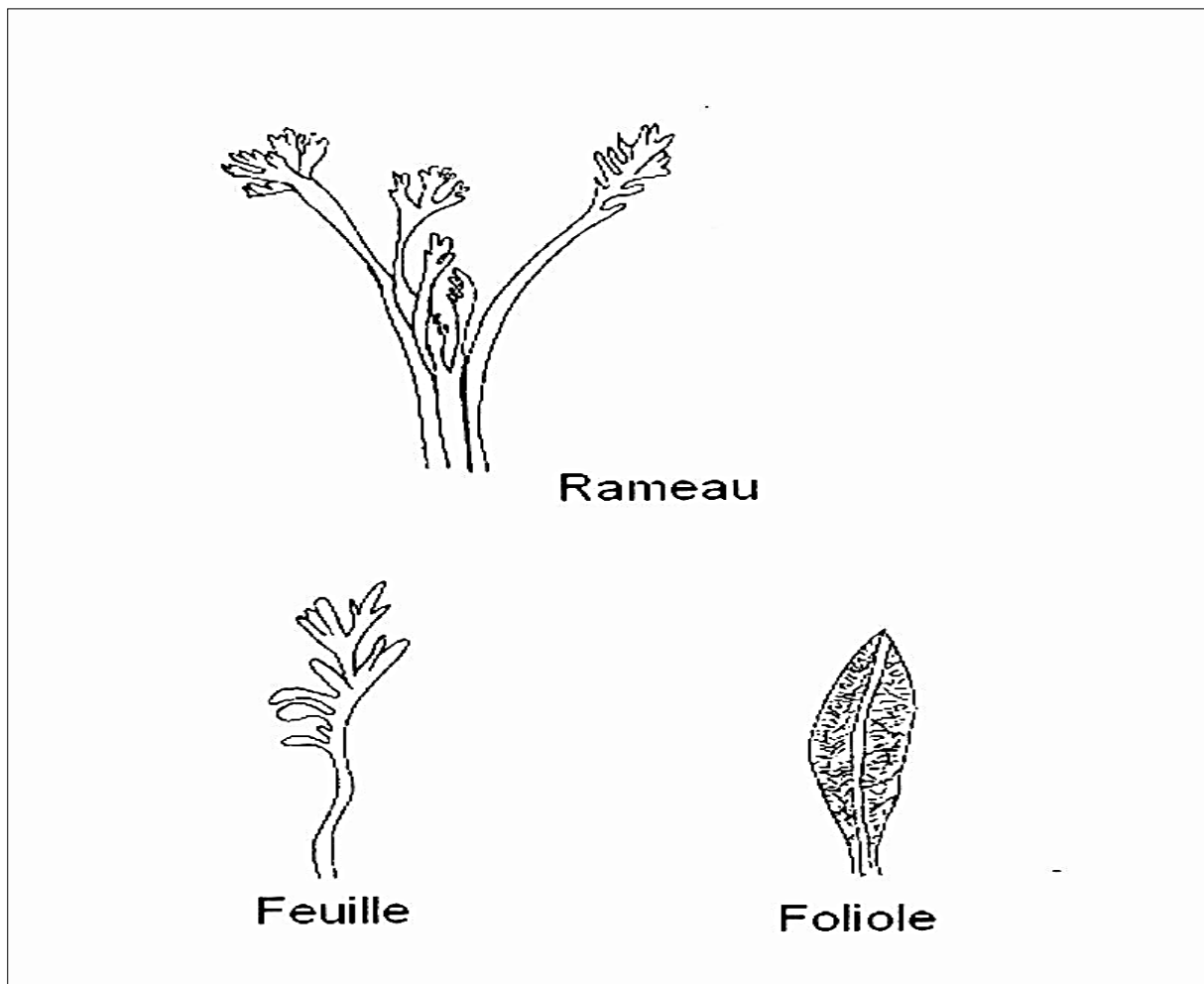


Figure 37: Morphologie de la feuille d'*Artemisia herba alba* (Eloukili, 2013).

- **La fleur:** La floraison de l'*Artemisia herba-alba* débute entre septembre et décembre, avec un développement essentiellement à la fin de l'été (Abou El Hamd *et al.*, 2010). Les fleurs sont organisées en inflorescences sous forme de capitules très petits et étroits, mesurant entre 1 et 1,5 mm, d'aspect ovoïde avec des involucre. Chaque capitule contient généralement entre 3 et 8 fleurs hermaphrodites. Ces capitules pauciflores, souvent homogames, sont insérés directement sur l'axe sans aucun support, ce qui caractérise leur disposition particulière (Ozenda, 1985).

Le diagramme floral de l'armoise blanche se présente généralement comme suit : 5 sépales+ 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles. La formule est la suivante : Formule florale : $FF = 5S+5P+5E+2C$ (Berrached, 2017).

Le calice est pentamère et est toujours réduit, la corolle est gamopétale et pentamère et peut se présenter sous trois formes différentes: tubuleuse, bilabiée ou ligulée (Goris, 1967).

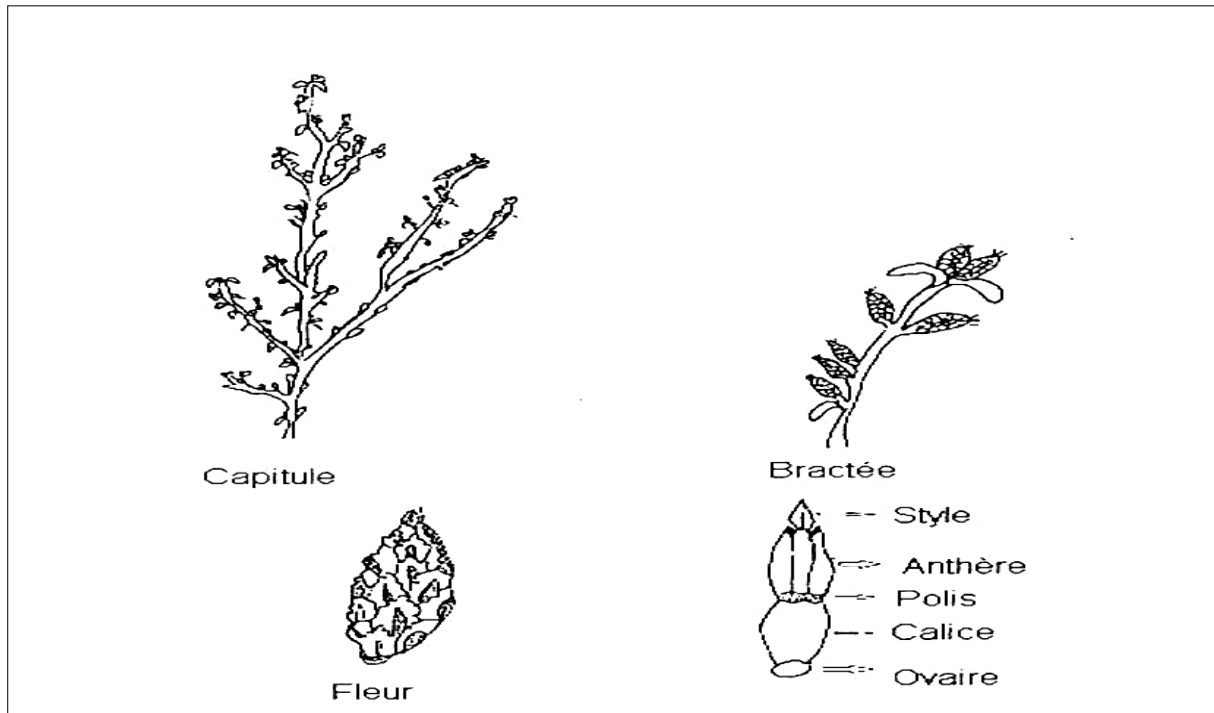


Figure 38: Morphologie de la fleur d'*Artemisia herba alba* (Eloukili, 2013).

- **La graine:** Le fruit est un Akène coiffés latéralement par le péricarpe, oblong, glabre et lisse (Nègre, 1962). La taille des graines ne dépasse pas 0.3 mm. Au contact de l'eau la graine développe une masse mucilagineuse qui lui permet de se fixer dans le sol (Maghni, 2017).

5.3. Le cycle annuel d'*Artemisia herba alba*:

Artemisia herba alba possède un modèle de croissance standard caractérisé par des performances végétales moyennes (Ferchichi *et al.*, 2004). Ce type de modèle présente un cycle annuel typique de l'armoise blanche aux zones arides et semi arides décrit comme suit:

- **Débourrement automnal :** La plante commence à se développer à l'automne, marquant le début de sa croissance active.

- **Repos hivernal** : Pendant l'hiver, l'armoise blanche entre dans une phase de repos, où sa croissance ralentit considérablement.
- **Végétation active printanière** : Au printemps, la plante reprend sa croissance active, avec une augmentation notable de sa biomasse.
- **Apparition des bourgeons floraux** : En mai, les bourgeons floraux commencent à apparaître, signalant le début de la floraison.
- **Optimum de fructification** : La fructification atteint son optimum en décembre, période où la plante produit le plus de graines.
- **Maximum de dissémination** : Enfin, la dissémination des graines est maximale à la mi-février, assurant la propagation de l'espèce (**Rebhi, 2019**).

6. Composition biochimique et valeur énergétique de l'Armoise blanche:

L'armoise blanche est une plante riche en éléments chimiques essentiels, avec une composition biochimique variée et une valeur énergétique saisonnière.

6.1. Les compositions biochimiques :

L'armoise blanche est une source précieuse d'éléments chimiques essentiels pour le métabolisme et la croissance de l'organisme. Ces éléments incluent la matière organique et la matière minérale. Selon diverses études, la composition chimique de l'armoise blanche se caractérise par un taux élevé de fibres alimentaires, ainsi que des proportions significatives de matière protéique et de matière grasse. De plus, la matière minérale est présente en quantités appréciables, garantissant une bonne nutrition minérale. Ces composants chimiques contribuent à sa valeur nutritive et à son intérêt pour la santé et l'alimentation (**Hellal-Ayad, 2008**).

Elément (%)	Sud oranais Hellal-Ayad (2008)	Sud Algérois Fenardji <i>et al.</i> , (1974)	Afrique du Nord Boussaid <i>et al.</i> , (2004)
Eléments minéraux	Calcium (0.55%), Phosphore (0.07%). Sodium (0.21%), Potassium (0.01%)	Calcium (0.447-0.583), Phosphore (0.050-0.179%). Sodium (0.020-0.025%),	Calcium (1.33%), Phosphore (0.22%). Sodium (0.79%), Potassium (2.68%)

		Potassium (0.795-1.240%), Magnésium (0.206%)	
Matière organique	85.70%	/	/
Matière protéique	Azote protéique (11.46%)	6.38-11.42%	Matière azotée (14.1%)
Matière grasse	16.50%	/	4.1%
Fibres alimentaires	Hémicellulose (30.60%), cellulose (26.73%)	Cellulose (24.43-31.53%)	Cellulose (26.3%)
Lignine	6.76%	/	/

Tableau 06: Composition biochimique de l'Armoise blanche.

6.2. Valeur énergétique :

En effet, la plante présente un taux de cellulose compris entre 17 et 33%. La matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11% de matière protéique brute dont 72% est constituée d'acides aminés. La valeur énergétique de l'armoise blanche est très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS) pour diminuer de nouveau en été (0,6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/kg MS) (**Mansour, 2015**). *Artemisia herba alba* est une plante riche en métabolites secondaires tels que les tanins, les anthocyanes, les acides phénoliques et d'autres substances, qui offrent leur vertu médicinales (**Gseyra, 2011**). Parmi ces métabolites on trouve des constituants volatils tels que les huiles essentielles, des constituants non volatils tels que les flavonoïdes et les sesquiterpènes lactones (**Chaabna, 2014**). L'armoise blanche contient des éléments essentiels tels que le camphre, α et β -Thujone, ainsi que le 1,8-cinéole et les monoterpènes alcooliques.

Et tout cela peut être résumé dans le tableau suivant:

(Fenardji <i>et al.</i> , 1974)				(Aidoud, 1989)			
Cellulose(%)	MS(%)	matière protéique (%)	B-carotène (mg/kg)	La valeur énergétique (UF/kg MS)			
17 à 33%	6 à 11%	72	1,3 à 7	Hiver	printemps	été	automne
				0.2 à 0.4	0.92	0.6	0.8

Tableau 07: Composition biochimique et valeur énergétique de l'Armoise blanche.

7. Cytogénétique et caryologie:

L'armoïse blanche possède deux cytotypes qui se trouvent dans des régions différentes, certaines de ces régions contiennent un seul cytotype tandis que d'autres contiennent les deux cytotypes.

- **Cytotypes:** Deux cytotypes principaux ont été identifiés chez l'armoïse blanche : un diploïde avec $2n = 18$ et un tétraploïde avec $2n = 36$ (Vallès, 1987). Le diploïde est associé à *Artemisia herba-alba* sous-espèce *valentina*, tandis que le tétraploïde correspond à la sous-espèce *herba-alba* et à *Artemisia aragonensis* (Betina, 2004).
- **Distribution en Algérie:** Les études ont montré que certaines populations algériennes sont diploïdes, tandis que d'autres sont tétraploïdes. Ont trouvé que 6 populations sur 22 étaient diploïdes et 15 tétraploïdes, avec une population présentant les deux niveaux de ploïdie (Bougoutaia *et al.*, 2016).
- **Adaptation:** Les diploïdes sont mieux adaptées aux conditions arides, tandis que les tétraploïdes ont une large étendue bioclimatique, suggérant que la polyploïdie permet d'exploiter de nouvelles niches écologiques (Berrached, 2017).
- **Autres pays:** En Tunisie, les cytotypes diploïde et tétraploïde ont été identifiés avec des différences morphologiques et écologiques (Ferchichi,

1997). Au Maroc, seul le cytotype diploïde a été signalé (**Ouyahya et Viano, 1988**).

- **Polymorphisme génétique et morphologique:** Les études ont montré un polymorphisme génétique et morphologique important chez l'armoise blanche, avec des variations dans la formule chromosomique et la morphologie des chromosomes. Ce polymorphisme a été observé dans plusieurs régions, notamment en Tunisie (**Houari et Ferchichi, 2009**), en Jordanie (**Al Ghazawi et al., 2012**), en Syrie (**Mouhanna, 2012**) et en Arabie Saoudite (**Badr et al., 2012**).

8. Biologie et adaptation:

L'armoise blanche, une plante particulièrement adaptée aux milieux arides, a développé plusieurs mécanismes pour survivre et prospérer dans des conditions de sécheresse. Ces adaptations lui permettent de minimiser les pertes en eau et de maximiser l'absorption des ressources disponibles (**Maghni, 2017**).

Les principaux mécanismes d'adaptation de l'armoise blanche sont les suivants:

- **Système racinaire profond et étendu:** Le système racinaire de l'armoise blanche est très développé, avec des racines qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres de profondeur. Cela lui permet d'explorer un volume de sol important et d'accéder à l'eau stockée en profondeur, même en période de sécheresse prolongée. De plus, les racines latérales s'étendent largement pour capter l'eau de pluie et les réserves d'eau superficielles (**Lahmar Zemiti, 2001 ; Aidoud, 1983**).
- **Végétation:** Selon le calendrier phénologique établi par cette plante végète toute l'année. Les pousses apparaissent généralement en hiver, mais peuvent émerger plus tôt en automne lors des années à pluviosité précoce (**Aidoud, 1983**).
- **Reproduction végétative:** L'armoise blanche peut se multiplier de manière végétative, c'est-à-dire en produisant de nouveaux individus à partir de parties de la plante mère. Cette capacité lui permet de coloniser rapidement de nouveaux espaces et de se disperser efficacement (**Berrached, 2017**).

- **Feuilles:** Les feuilles développées au début de la saison sont grandes, mesurant entre 1 et 2 cm, voire 3 cm, et sont pubescentes, blanchâtres et découpées. Elles tombent à l'approche de la saison sèche et sont remplacées par des feuilles plus petites et moins découpées. À la fin de l'été, les rameaux de l'année deviennent presque dépourvus de feuilles, ne portant que de minuscules feuilles (**Aidoud en 1989**). Cette adaptation diminue la surface foliaire exposée à l'air et donc la quantité d'eau perdue par évaporation.

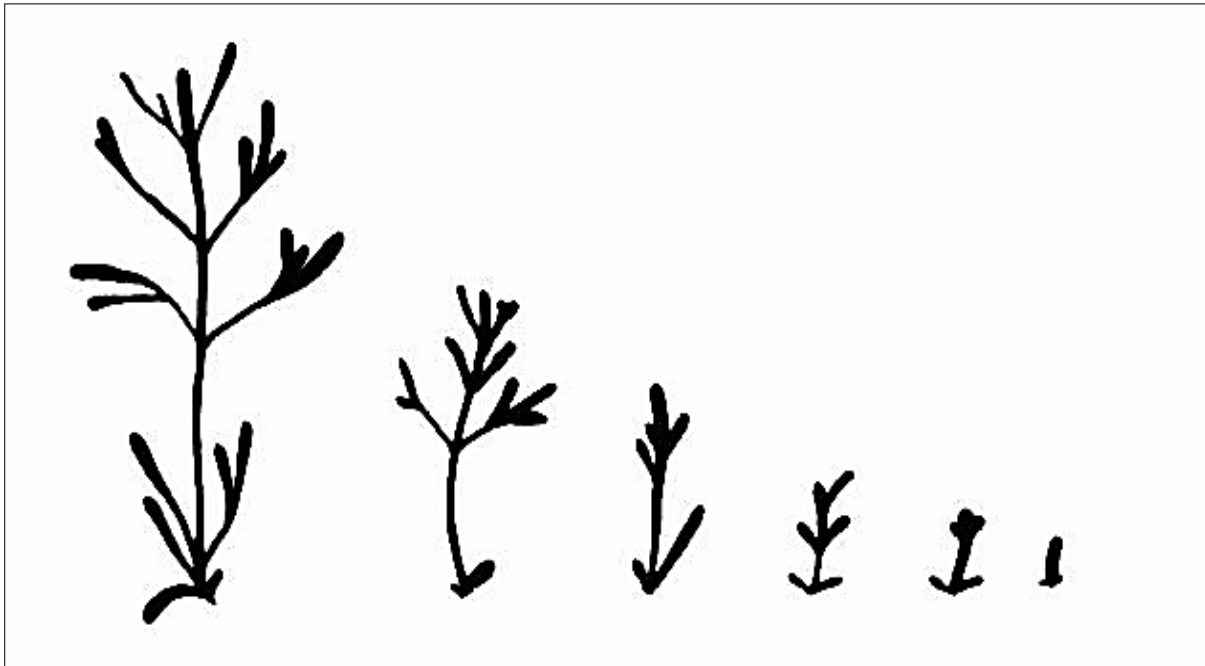


Figure 39: Formes et tailles de la feuille de l'Armoise blanche (**Berrached, 2017**).

- **Floraison et fructification:** L'armoise blanche fleurit en automne, avec des bourgeons floraux qui apparaissent dès le début de l'été. La fructification et la dissémination des graines se poursuivent jusqu'en décembre. Cette stratégie de floraison automnale permet aux graines d'échapper à la prédation exercée par les granivores durant la période estivale (**Nabli, 1989**).
- **Dormance des graines:** Les graines de l'armoise subissent une période de dormance obligatoire d'environ un an (**Maghni, 2017**).
- **Action allélopathique:** L'armoise blanche déploie une stratégie allélopathique qui réduit la concurrence hydrique en milieu aride. À l'approche de la saison sèche, les individus adultes sécrètent des composés toxiques, tels que le thymol, qui sont lessivés par les pluies et s'infiltrant dans le sol, créant un environnement défavorable à la

germination (**Lahmar Zemiti, 2001**). Cet effet auto-allélopathique entraîne une diminution marquée de la germination intraspécifique, limitant ainsi la densité des jeunes pousses d'armoise blanche elle-même. De plus, cette action allélopathique a un impact significatif sur la germination des espèces annuelles concurrentes, modifiant la composition des écosystèmes steppiques. Globalement, ce processus constitue une stratégie de survie optimisant l'utilisation des ressources hydriques limitées tout en régulant la dynamique des populations végétales environnantes (**Friedman et Orsha, 1975**).

9. Ecologie de la plante:

9.1. Caractéristiques climatiques:

Écologiquement l'Artemisia herba-alba possède une grande plasticité. Elle se développe dans un bioclimat allant d'une phase semi-aride supérieure à une phase semi-aride inférieure (ou saharienne), avec des précipitations moyennes comprises entre 100 et 600 mm/an (**Bechar, 2023**).

Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans les régions d'hiver chaud à frais (**Nabli, 1989**).

Il semble toutefois que, dans ce large éventail bioclimatique, l'espèce trouve son optimum (en tant qu'espèce dominante physiologique), dans l'étage bioclimatique aride (avec une pluviosité moyenne de 200 à 300 mm) (**Houamel, 2017/2018**).

Djebaili en 1984, classe les stations représentatives des régions steppiques (Ouest et Est) selon la période de sécheresse, en quatre catégories :

- La première avec une période de sécheresse de 11 à 12 mois (Biskra, ouled djellal, laghouat, Ain-Sefra et cl- Biodh).
- La deuxième avec une période de sécheresse de 7 à 10 mois (el Kantara).
- La troisième avec une période de 6 mois de sécheresse (Mécheria).
- La quatrième avec 4 à 5 mois de sécheresse (Djelfa, Aflou, et Batna).

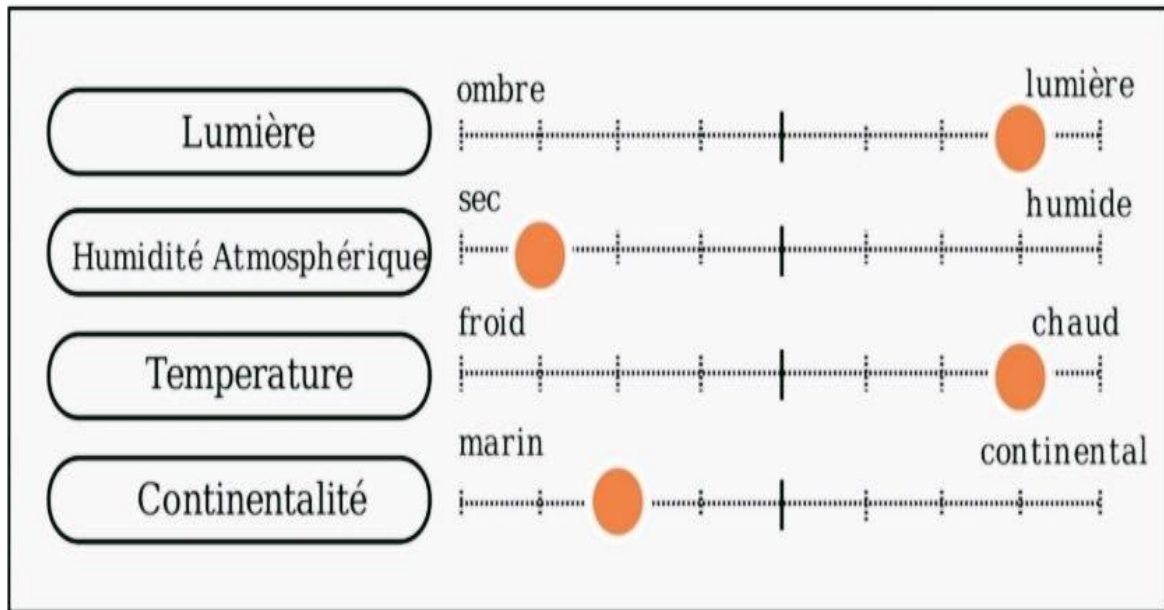


Figure 40: Caractéristiques climatiques de l'Armoise blanche (Bechar, 2023).

9.2. Caractéristiques de sol:

L'*Artemisia herba-alba* se développe dans une variété de sols, notamment dans les steppes argileuses où les précipitations sont faibles, de l'ordre de 200 mm/an. Son développement est fortement lié à la nature du sol, qui doit être peu perméable, tassé et colmaté (Celles, 1980). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et, en extrême sud, sur des sols sableux. Bien qu'elle résiste à la sécheresse et supporte le gypse ainsi que des niveaux de salinité modérément élevés, elle préfère généralement éviter les sols gypseux et salins. Du point de vue édaphique, elle peut occuper des sols à texture fine, allant du limono-argilo-sableux à la limoneuse, et même les sols pauvres en matière organique ou rocaillieux superficiels, mais rarement les sols gypseux et jamais les sols salins (Djemai, 2020/2021).

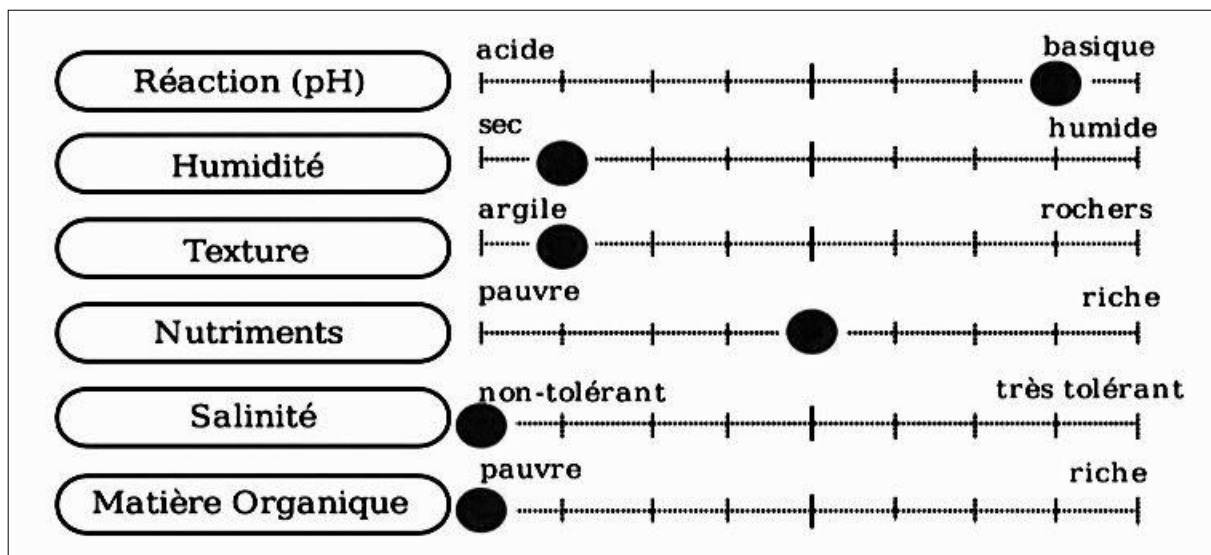


Figure 41: Caractéristiques pédologiques de l'Armoise blanche (Bechar, 2023).

9.3. Rôle écologique :

L'armoise blanche joue un rôle primordial dans la protection des parcours et la lutte contre la désertification, notamment dans les steppes algériennes. En tant que zone pastorale de choix sur les hauts plateaux algériens, elle est reconnue pour ses niveaux pastoraux et économiques exceptionnels. Très appréciée par les animaux domestiques, en particulier les ovins, cette plante contribue de manière significative à l'économie et au développement des zones rurales. En outre, l'armoise blanche est riche en minéraux et très recherchée pour ses propriétés médicinales, ce qui renforce son importance dans les régions où elle pousse. Sa capacité à résister à la sécheresse et à supporter des conditions difficiles en fait un élément clé pour la préservation de la biodiversité et la durabilité des écosystèmes steppiques (Bougoutaia, 2018).

10. L'intérêt et l'utilisation:

L'armoise blanche présente une importance considérable, ce qui a entraîné une multiplication de ses applications dans plusieurs domaines distincts, tels que le domaine médical, pastoral et cosmétique.

10.1. Le domaine médical:

Le genre *Artemisia* a été très utilisé dans la médecine traditionnelle ainsi que dans la médecine moderne pour traiter plusieurs maladies.

- **L'usage traditionnel:** L'armoise est une plante reconnue dans la pharmacopée traditionnelle des Arabes et des populations locales à travers le monde. L'armoise herbe blanche était particulièrement

appréciée par les pasteurs et les Bédouins pour ses propriétés bénéfiques sur les organismes vivants. Elle est notamment utilisée comme vermifuge chez les moutons (**Friedman et al., 1986**). De plus, elle est employée pour soulager les maladies intestinales, telles que les douleurs intestinales et divers symptômes, notamment en Irak où elle est préparée avec du thé et consommée par les diabétiques pour réduire leur dépendance à l'insuline (**Tebbani et al., 2023**).

En Algérie, l'armoise est un remède très populaire utilisé pour faciliter la digestion, calmer les douleurs abdominales et certains malaises du foie (**Baba Aissa, 1990**). Au quotidien, l'armoise blanche est consommée sous forme de tisane. Elle possède des propriétés vermifuges, facilitant ainsi l'élimination des vers (comme l'*Ascaris*). Elle améliore également la digestion et est utilisée comme remède contre les douleurs du cycle menstruel chez les femmes, ainsi que pour traiter les troubles nerveux, la rougeole et les faiblesses musculaires, selon l'Institut National Agronomique El Harrach en 1988.

- **L'usage pharmaceutique:** Les applications biologiques et pharmacologiques des espèces de la famille des Astéracées sont dues à leur importance dans la médecine traditionnelle, qui a donné lieu à de nombreuses études chimiques et pharmacologiques. La majorité des applications biologiques et thérapeutiques des espèces de cette famille sont liées à leurs effets antimicrobiens, antifongiques, entre autres (**Tebbani et al., 2023**). Parmi ces espèces, *Artemisia herba-alba* Asso est particulièrement utilisée au Moyen-Orient et en Afrique du Nord pour traiter diverses maladies, notamment l'entérite et les troubles intestinaux. L'huile essentielle extraite de cette plante a montré une activité antibactérienne significative contre plusieurs bactéries, telles que *Escherichia coli*, *Shigella sonnei* et *Salmonella typhose* (**Bouldjadj, 2009**). De plus, *Artemisia herba-alba* est fréquemment citée pour son utilisation dans le traitement du diabète sucré (**Tastekin et al., 2006**), soulignant ainsi le potentiel thérapeutique des Astéracées dans la médecine traditionnelle et moderne.

10.2. Le domaine alimentaire:

L'Armoise blanche est parfois utilisée comme arôme dans certaines boissons, similaires au thé ou au café, en raison de sa saveur distinctive. Cependant, son utilisation dans l'industrie alimentaire reste limitée en raison de la toxicité de la bêta-thujone, dont le taux ne doit pas dépasser 5 mg/kg pour éviter les effets négatifs sur l'organisme. Bien que mentionnée dans le domaine de l'industrie alimentaire et nutritionnelle, l'armoise blanche n'est pas pertinente comme

ingrédient de base dans les aliments en raison de cette toxicité potentielle (**Bendjilali et al., 1984**).

10.3. Le domaine pastoral:

L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) est une plante fourragère très appréciée par le bétail, notamment comme pâturage d'hiver, en raison de sa valeur fourragère importante qui varie entre 0,45 et 0,70 UF/kg de matière sèche (**Nedjraoui, 1981**). Les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours pastoraux des hautes plaines steppiques, avec une charge pastorale optimale d'un mouton par 1 à 3 hectares (**Nedjraoui, 1981**). Cette plante constitue un aliment de base pour les ovins, permettant de satisfaire 40% à 50% de leurs besoins en matière protéique brute (**Djaballah, 2008**). La viande des agneaux ayant pâturé cette plante est considérée comme un produit de premier choix. En outre, l'armoise blanche est riche en nutriments, ce qui en fait une source importante pour les animaux durant les périodes de mauvaise saison (**Bellkheder, 2006**).

10.4. Le domaine cosmétique:

En parfumerie, les huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* sont appréciées pour leurs propriétés antiseptiques et aromatiques. Elles contribuent à prolonger la durée de conservation des produits cosmétiques tout en leur conférant une odeur agréable (**Beylier-Manuel, 1976**). De plus, l'association de ces huiles avec d'autres agents antimicrobiens offre un champ d'étude prometteur pour améliorer la conservation des produits cosmétiques (**Bouhlal et al., 1989**).

11. Les activités biologiques de l'armoise blanche:

Plusieurs études scientifiques ont également prouvé l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent antidiabétique antiparasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant, anti malarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (**Boudjelal, 2013**).

11.1. Activité antioxydant :

L'antioxydant toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat (**Diallo, 2005**).

Un antioxydant est un agent qui empêche ou ralentit l'oxydation en neutralisant des radicaux libres (**Al Mustafa et Al Thunibat, 2008**). Ils en excès sont responsables des dommages cellulaires, notamment sur l'ADN, et peuvent favoriser des maladies. À l'inverse, les antioxydants luttent contre le stress oxydatif responsable du vieillissement cellulaire, ils ont donc un effet anti-âge. Parmi les molécules antioxydantes, on trouve : les vitamines : E, C, A, les

minéraux : sélénium, zinc, les molécules complexes : polyphénols, flavonoïdes, coenzyme Q10, caroténoïdes..., les enzymes comme la glutathion peroxydase et la superoxydedismutase (SOD). Dans l'organisme, ces enzymes jouent un rôle de protection antioxydante naturelle. La glutathion peroxydase est une sélénoprotéine, ce qui explique l'importance du sélénium pour lutter contre les radicaux libres (**Medjadi et Malouci, 2020/2022**).

L'objectif est d'évaluer, par une méthode chimique, la capacité antioxydante des composés phénoliques présents dans certaines plantes médicinales algériennes, notamment l'*Artemisia herba-alba*. Ces plantes médicinales ont démontré une activité antioxydante plus élevée ainsi qu'une teneur plus importante en composés phénoliques par rapport aux plantes nutritionnelles courantes. De plus, cette étude souligne que ces plantes algériennes sont de puissants piègeurs de radicaux libres et peuvent être considérées comme d'excellentes sources d'antioxydants naturels à usage médical et commercial (**Djeridane et al., 2005**).

Les recherches portant sur l'étude des activités biologiques des extraits de l'armoise blanche ont montré sa richesse en flavonoïdes et en tanins, ceux-ci piègent les radicaux libres :(radicaux hydroxyle et anions super oxydes) et inhibent la peroxydation lipidique au niveau des microsomes (**Nekkache et al., 2021/2022**).

11.2. L'activité antifongique:

Les plantes médicinales et leurs composés actifs peuvent être utilisés dans les domaines de la phytosanitaire et de l'agroalimentaire comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les plantes (**Lis-Balchin, 2002**). Les champignons, dépourvus de chlorophylle, tirent leur carbone des composés organiques, influençant ainsi leurs conditions de vie saprophytique ou parasitaire. Ils sont classés en deux catégories : les champignons endogènes et exogènes.

Les composés naturels, tels que les tanins, ont démontré une activité antifongique notable contre certaines souches comme *Aspergillus niger*, *Penicillium* et *Colletotrichum graminicola* (**Kaci et Nemroudi, 2023/2024**). L'*Artemisia herba alba* possède également une activité antifongique contre des champignons tels que *Penicillium digitatum*, *Phytophthora citrophthora*, *Geotrichum citriauranti*, et *Botrytis cinerea* à une concentration de 250 µg/ml (**Bouchra et al., 2003**). D'autres études ont montré son potentiel antifongique contre *Penicillium aurantiogriseum*, *Zygorrhynchus sp*, *Aspergillus niger* et *Penicillium italicum*.

Le pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* pourrait être exploité comme agent antibactérien naturel efficace dans les aliments (**Amor et al., 2019**). Bien que l'huile essentielle du thym soit la plus active

contre les moisissures, l'huile essentielle d'*A. herba alba* a également montré une efficacité modérée avec une concentration minimale inhibitrice de 5,617 µg/ml (**Benjlali et al., 1986; Giordani et al., 2008**).

11.3. L'activité insecticide:

L'huile essentielle de la plante aromatique *Artemisia herba alba* présente un effet insecticide important sur plusieurs ravageurs, notamment ceux des denrées stockées, cette huile a démontré son efficacité en saturant le milieu par ses substances volatiles, affectant ainsi les adultes de *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera) avec différentes doses (**Delimi et al., 2013**). De même, l'activité toxique de cette huile sur les criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus*, avec un temps léthal 50 (TL50) de 1,67 jour pour les mâles et 1,45 jour pour les femelles. Les composés toxiques présents dans cette essence végétale, tels que le β-pinène, la pipéritone et le myrcène, sont responsables de ces effets insecticides (**Zaim et al., 2012**).

11.4. L'activité antiparasitaires de l'armoise blanche:

L'Armoise herbe blanche, également connue sous le nom scientifique d'*Artemisia herba-alba*, est une plante aux propriétés médicinales variées, notamment dans le domaine antiparasitaire. Voici quelques-unes de ses activités antiparasitaires notables :

- **Activité vermifuge:** L'activité vermifuge de la poudre d'*Artemisia herba-alba* a été étudiée chez des chèvres infectées par des larves d'*Haemonchus*. Les résultats ont montré que le traitement avec cette plante a éliminé efficacement les vers parasites, sans signes cliniques de maladie chez les animaux traités. Les concentrations utilisées allaient de 2 à 30 g de poudre par chèvre, avec un succès total dans l'élimination des œufs et des vers adultes (**Bengoumane et Sahal, 2021**).
- **Activité nématocide:** Les extraits méthanoliques des feuilles d'*Artemisia herba-alba* ont démontré une activité nématocide puissante contre certaines espèces de nématodes, causant une mortalité significative après exposition prolongée. Cette propriété suggère un potentiel pour le contrôle des nématodes dans l'agriculture et la médecine vétérinaire (**Mohamed et al., 2010**).
- **Activité anti-leishmania:** Les extraits aqueux et l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* ont été testés pour leur activité antileishmanienne contre *Leishmania major*. L'huile essentielle a montré une activité leishmanicide notable à une concentration de 2 µg/ml, tandis que l'extrait aqueux était efficace à 4 µg/ml. Ces

résultats indiquent que cette plante pourrait être utile dans le traitement de la leishmaniose (**Bengoumane et Sahal, 2021**).

- **Activité anti-venimeuse:** Bien que non directement liée aux parasites, l'extrait d'*Artemisia herba-alba* a également montré un effet anti-venimeux en inhibant à 100 % les activités hémolytiques des venins de serpent et de scorpion chez l'homme. Cela suggère un potentiel pour le traitement des piqûres venimeuses (**Mohamed et al., 2010**).

11.5. L'activité anti-inflammatoire:

Les effets anti-inflammatoires de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* ont été étudiés par plusieurs chercheurs, cette huile a démontré une capacité à inhiber le processus inflammatoire induit par injection sous-cutanée en réduisant la migration cellulaire, le volume des exsudats, la concentration en protéines et les médiateurs inflammatoires (**Belmokhtar et Lamraoui, 2022**).

En plus de ces études, d'autres recherches ont confirmé les propriétés anti-inflammatoires d'*Artemisia herba-alba*. Par exemple, les extraits aqueux de cette plante ont montré une activité anti-inflammatoire significative dans des modèles expérimentaux, réduisant l'œdème et inhibant les médiateurs inflammatoires¹³. L'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* est également utilisée pour ses propriétés thérapeutiques, notamment pour traiter les pathologies inflammatoires et les douleurs articulaires (**Matrouh et al., 2022**).

11.6. L'activité hypoglycémiant:

L'effet hypoglycémique de l'*Artemisia herba-alba* a été largement étudié et confirmé par plusieurs recherches. Traditionnellement, cette plante est utilisée pour améliorer la sensibilité à l'insuline et réduire la concentration de glucose dans le sang (**Rabah et Bahbah 2016**).

Le criblage in vitro et in vivo de l'activité hypoglycémique a révélé que l'extrait éthylique de la partie aérienne présente l'effet hypoglycémiant le plus important par rapport aux autres fractions (**Awad et al., 2012**). D'autres études ont également évalué les effets de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* sur le contrôle de l'obésité et les paramètres biochimiques. Par exemple, **Bengoumane et Sahal (2021)** ont testé cet extrait sur des rats Wistar mâles, observant des résultats prometteurs concernant le contrôle des paramètres biochimiques liés à l'obésité.

En outre, des recherches ont démontré que l'administration orale d'extraits d'*Artemisia herba-alba* peut induire une diminution significative des niveaux de glucose sanguin chez les sujets diabétiques. Par exemple, une étude a montré que l'administration orale journalière d'une dose de 250 mg pendant 30 jours a

entraîné une réduction considérable de la glycémie à jeun chez des personnes atteintes de diabète de type 2, avec une réduction maximale de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) de 31,124 %1. Ces résultats soutiennent le potentiel thérapeutique d'*Artemisia herba-alba* dans le traitement et la prévention du diabète de type 2 (**Mébarkia, 2012/2013**).

11.7. L'activité anti-acétylcholinestérase:

L'activité anti-acétylcholinestérase de l'*Artemisia herba-alba* est un sujet d'intérêt pour le traitement des maladies neurodégénératives, notamment la maladie d'Alzheimer. Les inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AChE) sont cruciaux car ils empêchent la dégradation de l'acétylcholine, neurotransmetteur essentiel pour la mémoire et la cognition.

Des études ont montré que l'extrait méthanolique et l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* possèdent une activité inhibitrice de l'AChE, avec une efficacité accrue en fonction de la dose administrée, l'huile essentielle présentant la meilleure activité. Cette propriété pourrait être attribuée à la présence de composés bioactifs tels que les dérivés d'acide caféoylquinique et les flavonoïdes glycosylés en C, qui sont connus pour leur action anti-Alzheimer (**Choi et al., 2014**).

De plus, l'extrait à l'éthanol a également démontré une activité anti-acétylcholinestérase à différentes concentrations (**Orhan et al., 2014**). Cette activité est potentiellement liée à la présence de terpènes comme l' α -pinène, le p-cymène, le 1,8-cinéole, le terpinène, le linalol et le camphre, qui sont reconnus pour leur capacité à inhiber l'AChE (**Savelev et al., 2003 ; Ozturk, 2012**).

11.8. L'activité antibactérienne:

L'*Artemisia herba-alba* est reconnue pour ses propriétés antibactériennes, principalement grâce à son huile essentielle et à ses composés phénoliques. L'huile essentielle présente une activité antibactérienne efficace contre plusieurs bactéries, tant Gram positif que Gram négatif, incluant *Streptococcus hemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei* et *Salmonella typhosa* (**Ayad et al., 2022**).

Les extraits phénoliques, notamment les acides phénoliques comme l'acide gallique, l'acide caféique et l'acide tannique, montrent une activité inhibitrice principalement contre *Staphylococcus aureus* (Seddik et al., 2010). Cependant, ils sont également efficaces contre d'autres souches telles que *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Ayad et al., 2022**).

Les flavonoïdes et les tanins présents dans les extraits de cette plante présentent un large spectre et une forte activité antibactérienne permettant de supprimer quelques facteurs de virulence microbienne telle que l'inhibition la formation de

bio- films, la réduction de l'adhésion aux ligands, la neutralisation des toxines bactériennes, et la capacité d'établir une synergie avec certains antibiotiques (Daglia, 2011).

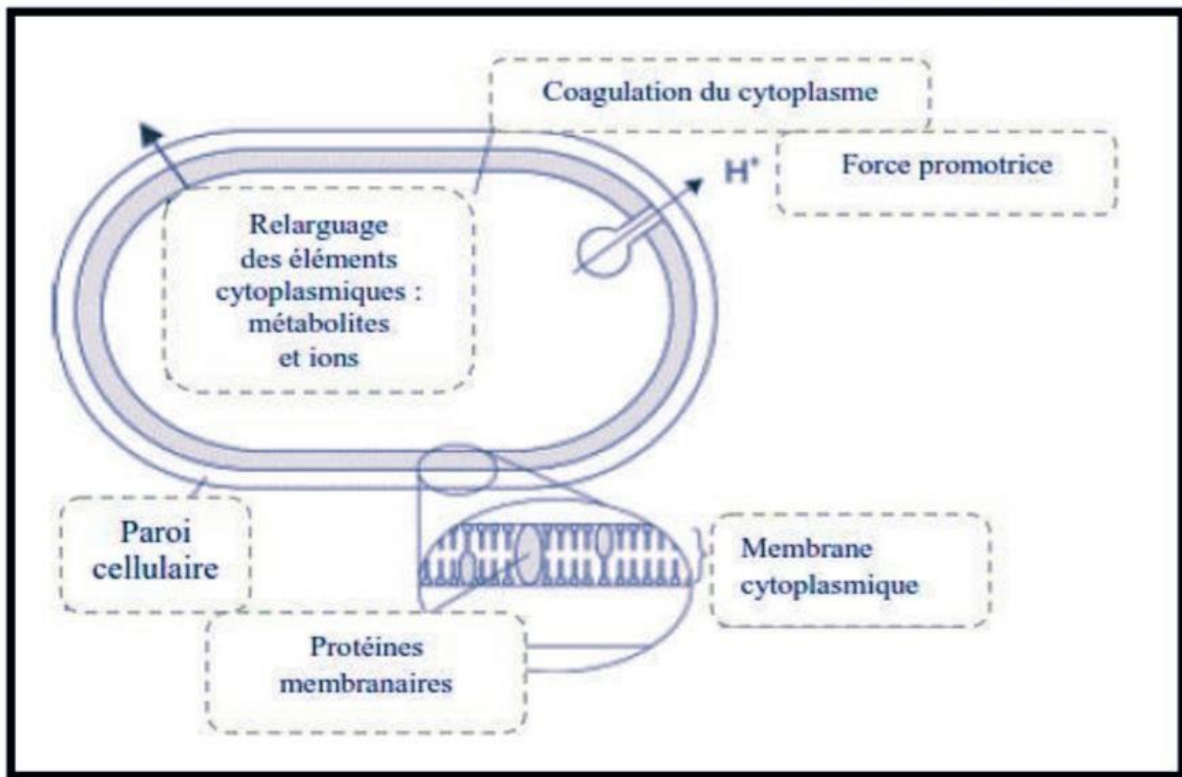


Figure 42: Sites d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Burt, 2004).

12. La toxicité:

L'*Artemisia herba-alba* est une plante médicinale reconnue pour ses vertus thérapeutiques, mais elle est également classée parmi les drogues végétales les plus toxiques à forte dose. L'huile essentielle extraite de cette plante, bien qu'elle présente des intérêts thérapeutiques, est considérée comme l'une des huiles essentielles les plus toxiques. Elle doit être utilisée avec prudence et en quantités limitées en raison de sa richesse en thujone et camphre, qui sont neurotoxiques et abortifs (Hassania *et al.*, 2012).

L'utilisation de cette huile est interdite pendant la grossesse et pour les bébés et les enfants. Le risque de toxicité augmente lors de l'administration orale, avec une dose létale médiane (DL50) située dans les limites de 0,37 g/kg (Bonagura et Twedt, 2009). Il est donc crucial de manipuler cette huile avec précaution et d'éviter tout contact avec les yeux.

PARTIE PRATIQUE.

MATERIELS ET METHODES

1. Choix du matériel végétal :

Notre travail a été réalisé au laboratoire de physiologie végétale, à l'école normale supérieure de l'enseignement technologique (ENSET) de Skikda, sur une espèce : l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso), notre choix pour cette espèce est justifié par le fait que celle-ci est riche en huiles essentielles, notamment les sesquiterpènes lactones, les coumarines et les hydrocarbures acétyléniques connus pour leurs activités biologiques diverses.

2. Échantillonnage :

Notre échantillon provient de chez un herboriste, l'identification taxonomique de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) a été faite par le Pr. Hicham Boughendjioua, du département des sciences naturelles, (ENSET) de Skikda.

3. Screening phytochimique :

Le screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une drogue donnée. Les tests de caractérisation sont basés en partie sur l'analyse qualitative, soit sur la formation de complexes insolubles en utilisant les réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés, en utilisant des réactions de coloration (EL-Haoud *et al.*, 2018).

3.1. Préparation de l'extrait aqueux :

Consiste à introduire 100g de poudre végétale (*Artemisia herba-alba* Asso) dans 200 mL d'eau bouillante qu'on laisse infuser pendant 15 minutes. Ensuite, on filtre pour obtenir le filtrat.

3.1.1. Saponines :

Dans une série de 10 tubes à essai numérotés de 1 à 10, introduire respectivement 1, 2, 3,...,10 mL l'extrait aqueux. Ajuster le volume de chaque tube à 10 mL avec de l'eau distillée. Agiter chaque tube dans le sens de la longueur du tube pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde. Laisser reposer 15 min et mesurer la hauteur de la mousse produite dans chaque tube.

L'indice de mousse (**I**) est calculée par la formule suivante :

$$I = 1000 / N$$

N est le numéro du tube où la hauteur de mousse est égale à 1 cm (EL-Haoud *et al.*, 2018).

3.1.2. Tannins :

La présence des tannins est mise en évidence en ajoutant à 1 mL de l'extrait aqueux avec 1 mL d'eau et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl₃ diluée à 1%.

L'apparition d'une coloration vert foncé ou bleue verte indique la présence des tanins.

L'apparition d'une coloration vert foncé indique la présence des tanins catéchiques.

L'apparition d'une coloration bleue-verte indique la présence des tanins galliques (EL-Haoud *et al.*, 2018).

3.1.3. Terpènes :

Cinq 5 mL de l'extrait aqueux ont été mélangé avec 2 mL de chloroforme, puis 3 mL d'un concentré de H₂SO₄ étaient soigneusement ajouté pour former une couche (Edeoga *et al.*, 2005).

L'apparition d'une coloration brun rougeâtre du l'interface formée indique des résultats positifs pour la présence de terpènes.

L'apparition d'une coloration marronne indique l'absence des terpènes.

3.1.4. Flavonoïdes (Teste d'ammoniaque) :

Un 1 mL de l'extrait aqueux a été mélangé avec 5 mL d'ammoniaque, puis quelques gouttes d'un concentré de H₂SO₄ étaient soigneusement ajoutées.

L'apparition d'une couleur jaune indique la présence des flavonoïdes (Shaikh and Patil, 2020).

3.1.5. Alcaloïdes : (Teste de Wagner) :

2-3 mL de l'extrait aqueux a été mélangé avec 1 mL d'HCl, puis le réactif de Wagner a été ajouté et bien agité.

La formation d'un précipité brun rougeâtre indique la présence d'alcaloïdes (Rufai et al., 2016).

4. Spectrométrie de l'absorbance :

Une mesure spectrométrique de l'absorbance de de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso a été effectué à l'aide d'un spectrophotomètre **Shimadzu UV-3600 plus**, la gamme de longueurs d'onde est de 200 à 3200 nm.

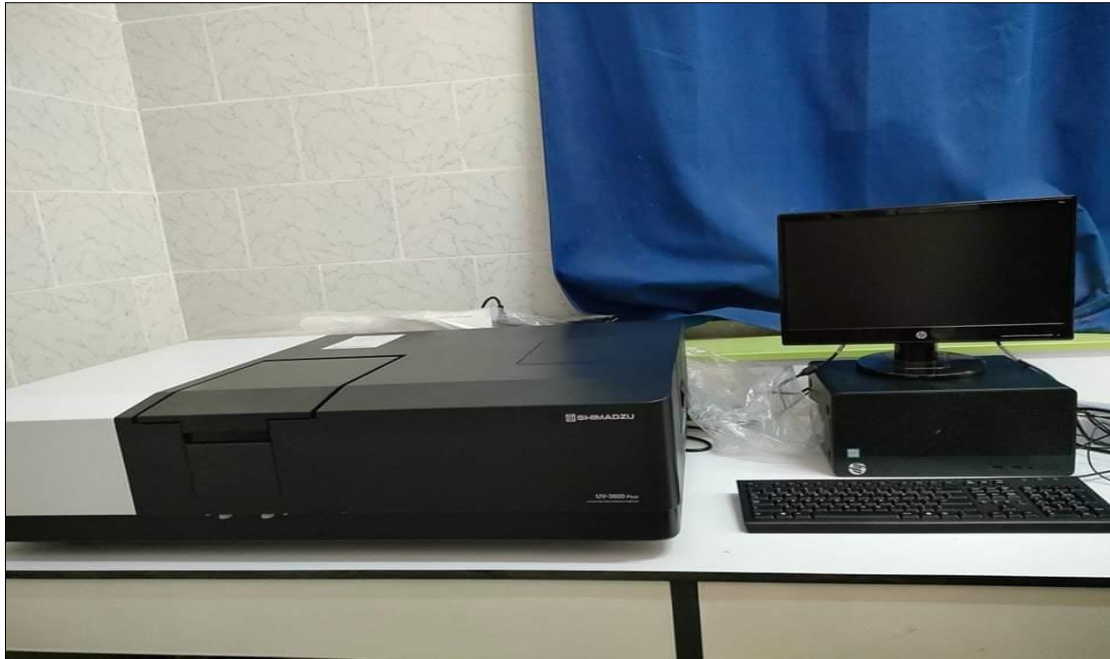


Figure n° 43: Spectrophotomètre Shimadzu UV-3600 plus utilisé (Photo personnelle).

5. Activité antibactérienne :

5.1. Microorganismes utilisés :

Le choix des bactéries a été porté sur 05 souches fréquentes en pathologie humaine. Ces espèces sont souvent responsables de (TIA ; (toxi-) infection alimentaire)) constituant ainsi un problème majeur de santé publique.

Les souches bactériennes sont :

- *Acinetobacter baumannii* (Gram négatif).
- *Klebsiella pneumoniae* (Gram négatif),
- *Pseudomonas spp* (Gram négatif),
- *Salmonella arizonae* (Gram négatif),
- *Staphylococcus aureus* (Gram positif),

Pour évaluer l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux, nous avons adopté deux méthodes ; la méthode de diffusion sur milieu gélosé en utilisant des disques stériles en cellulose: appelée aromatoigramme et la méthode des puits.

5.2. Méthode de l'aromatogramme :

L'activité antibactérienne est évaluée par la méthode d'aromatogramme qui permet de déterminer la sensibilité des différentes espèces bactériennes vis à vis de l'extrait aqueux donnée.

Le principe consiste à ensemencer la surface d'un milieu de culture gélosé (coulé en boîte de Pétri avec une suspension bactérienne de manière à faire croître les bactéries sur toute la surface de la gélose solidifiée. Puis, on dépose sur la gélose des petits disques de papier buvard (d'environ 6 mm de diamètre) imprégnés par l'extrait aqueux que l'on souhaite tester (8µL suffisent). L'ensemble est incubé durant 24 heures à 37°C. Les extraits aqueux diffusent radialement à partir de leur disque vers la périphérie en formant sur leur passage un gradient décroissant de leur concentration. Si l'extrait aqueux testée est efficace et que sa concentration est suffisante pour inhiber la croissance bactérienne, il apparaît autour du disque une zone claire, sans croissance bactérienne, que l'on nomme halo d'inhibition. Les diamètres des halos d'inhibition sont mesurés. La zone claire observée autour des disques est proportionnelle à l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux. Autrement dit, plus cette zone est étendue, plus grande est la puissance de cette extrait aqueux contre la souche bactérienne étudiée. À l'inverse, l'absence de zone claire – et donc de zone d'inhibition – traduit l'inefficacité anti-infectieuse de l'extrait aqueux pour le germe étudié.

5.3. Méthode des puits :

Réaliser les puits à l'aide d'un emporte-pièce stérile ou d'un embout jaune. Introduire dans chaque puits 50µL d'huile essentielle. Laisser ensuite diffuser l'extrait aqueux 1/2h à température ambiante. Incuber 24h à 37°C.

5.4. Lecture :

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'extrait aqueux (**Ponce et al., 2003**).

- Non sensible (-) ou résistante : diamètre < 8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14 mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19 mm.
- Extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Screening phytochimique :

Les essais chimiques de caractérisation ont porté sur la recherche dans l'extrait aqueux des principaux groupes chimiques. Ces essais permettent d'avoir des informations préliminaires sur la composition chimique, ces caractérisations ont été faites en utilisant principalement les réactions en tube, (les réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques), les résultats sont classés en :

++++ : Fortement positif,

+++ : Moyennement positif,

+ : Faiblement positif,

- : Négatif.

Le tableau n° 04 rapporte les résultats du screening phytochimique pour l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso.

Tableau n° 08: Résultats du screening phytochimique.

Métabolites secondaires	Couleur obtenue	Résultat
Saponines	Mousse blanche	+++
Tanins	Vert foncé	+++
Terpènes	Marron	-
Flavonoïdes	Jaune	+
Alcaloïdes	Marron rougeâtre	+

L'analyse phytochimique réalisée a permis de remarquer la présence des grands groupes chimiques : saponines, tanins, flavonoïdes et alcaloïdes dans l'extrait aqueux d'*Artemisia herba alba* Asso, cependant la plante est dépourvue des terpènes. Les familles chimiques détectées dans notre étude viennent confirmer les travaux de **Kahlouche et al., 2015** ; **Sellami et al., 2010** sur l'*Artemisia herba alba* Asso.

2. Spectrométrie de l'absorbance :

L'étude complète et détaillée d'un spectre est une opération rarement pratiquée dans l'interprétation courante à cause de la complexité de l'analyse.

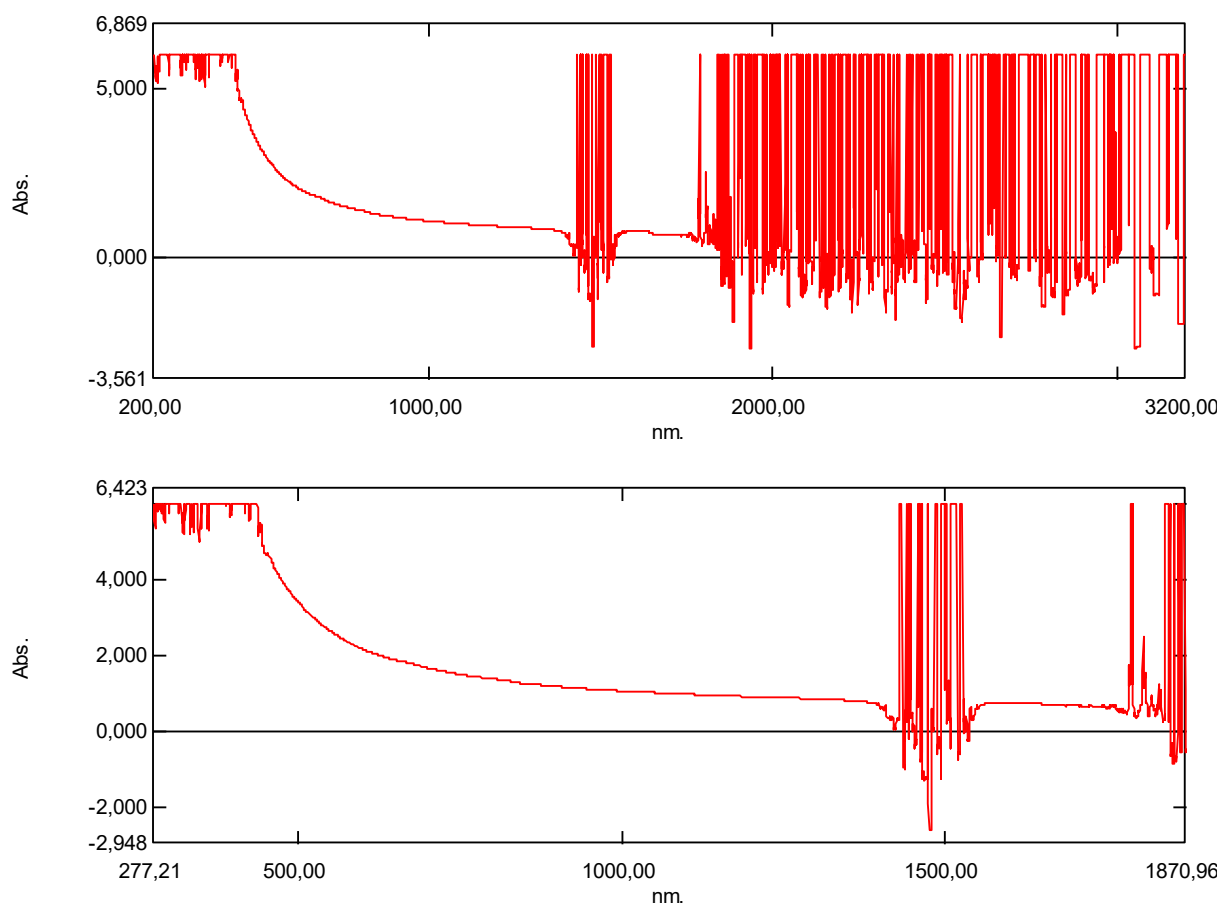


Figure n° 44: Spectre UV visible de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso.

La figure 44 présente le spectre d'absorption de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso. L'extrait aqueux absorbe dans l'UV avec une longueur d'onde entre $\lambda=2731.00$ nm et $\lambda=284.50$ nm.

Tableau n° 09: Interprétation du spectre UV visible de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso.

No.	Wavelength nm.	Absorbance	Description
1	1832.00	1.126	v C=O
2	1828.50	1.279	v C=O
3	1818.00	0.877	v C=O
4	1808.50	1.113	v C=O
5	1805.50	2.512	v C=O
6	1784.50	1.197	v C=O
7	1771.00	0.597	v C=O
8	1769.50	0.607	v C=O
9	1766.00	0.550	v C=O
10	1763.50	0.658	v C=O
11	1758.00	0.710	v C=O
12	1754.50	0.692	v C=O
13	1747.00	0.670	v C=O
14	1745.00	0.693	v C=O



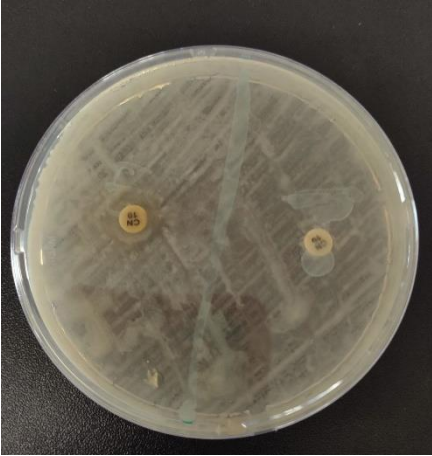



15	1553.50	0.698	/
16	1548.50	0.711	/
17	1532.50	0.386	/
18	1417.50	0.423	/
19	1413.50	0.363	/
20	1407.00	0.731	/
21	1402.00	0.669	/
22	1395.50	0.730	/
23	443.50	5.299	/
24	441.00	5.518	/
25	349.50	6.000	/
26	337.50	6.000	/
27	335.00	6.000	/
28	325.00	6.000	/
29	321.00	5.764	/
30	292.00	6.000	/
31	288.50	6.000	/
32	284.50	6.000	/
33	2731.00	6.000	v C-H

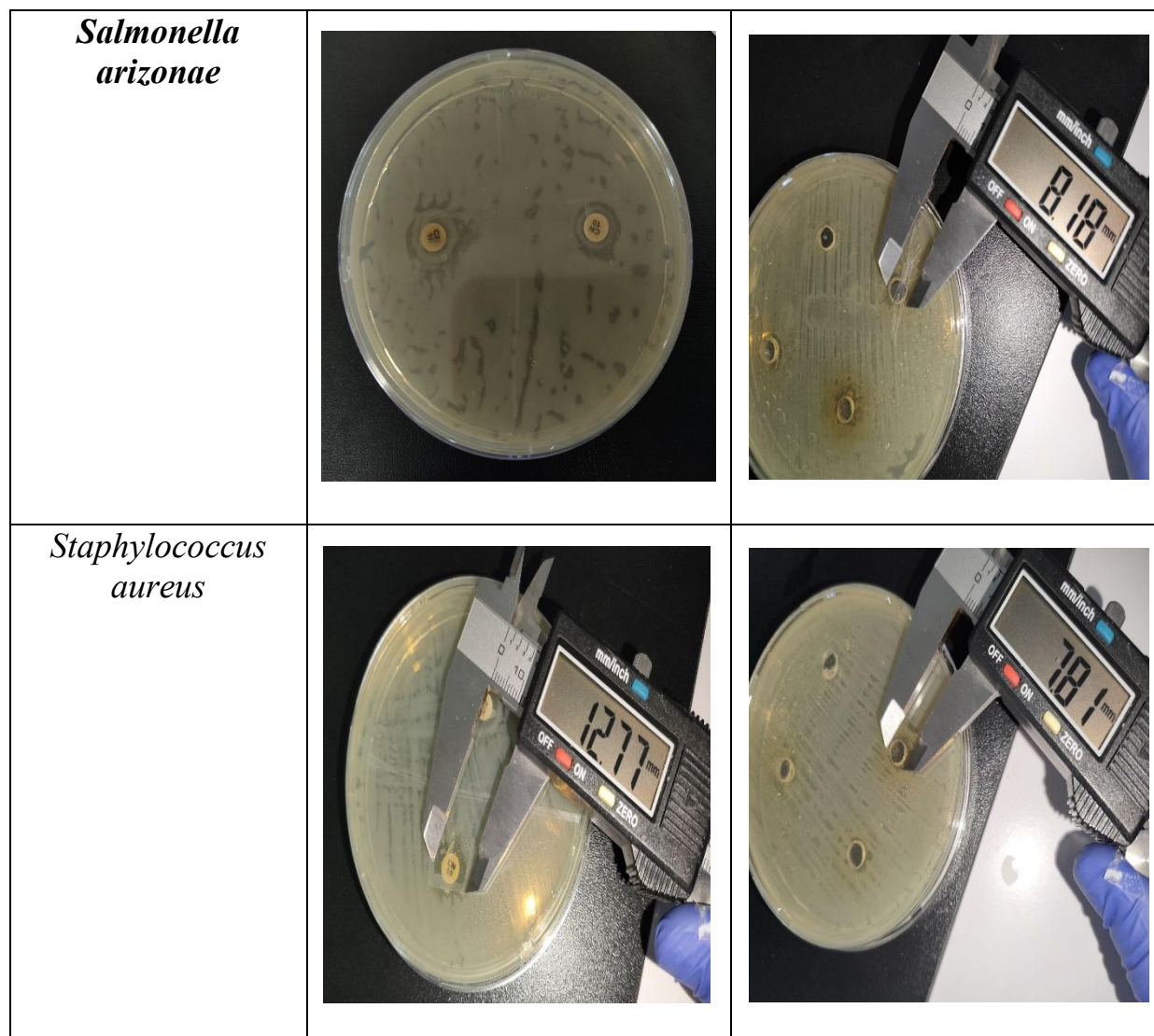
3. Activité antibactérienne :

Les résultats ci-dessus concernant l'activité antimicrobienne « *in vitro* » obtenue à l'aide de la méthode de diffusion sur gélose (aromatogramme) et la méthode des puits montrent que l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux testée est en fonction de la bactérie cible.

Tableau n° 10: Halos d'inhibition en (mm) provoqués par l'extrait aqueux.

Bactéries	Extrait aqueux (Disque) [En mm]	Extrait aqueux (Puits) [En mm]
<i>Acinetobacter baumannii</i>	9.61 Sensible (+)	8.53 Sensible (+)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	— Nom sensible (-)	— Nom sensible (-)
<i>Pseudomonas spp</i>	10.71 Sensible (+)	— Nom sensible (-)
<i>Salmonella arizonae</i>	— Nom sensible (-)	8.18 Sensible (+)
<i>Staphylococcus aureus</i>	12.77 Sensible (+)	7.81 Nom sensible (-)

Bactéries	Méthode des disques	Méthode des puits
<i>Acinetobacter baumannii</i>		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
<i>Pseudomonas spp</i>		



Figures n° 45: Inhibition obtenu pour les souches bactériennes (Photo personnelle).

Une sensibilité a été observée vis-à-vis des 05 souches étudiées (Tableaux n° 09 et figures n° 44), L'activité antibactérienne de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso a été démontrée dans plusieurs recherches; **Khennouf et al., (2010)**; **Boudjelal, (2013)**; **Talbi, (2015)**; **Charif et Louizini, (2016)**; **Amamra et al., (2019)**.

Selon **Khennouf et al., (2010)** l'extrait aqueux d'*Artemisia herba alba* a donné un diamètre de 06 mm pour les souches: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* et *Bacillus*.

D'autre part **Talbi, (2015)** a mentionné un diamètre de 06 mm pour *E. coli* et une absence totale d'une activité antibactérienne de l'extrait aqueux de la même plante vis-à-vis du *Staphylococcus aureus*.

Charif et Louizini, (2016) rapportent que l'activité de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso est faible par rapport à celles des témoins (antibiotiques) pour les souches : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352 d'une part, d'autre part il a une activité remarquable pour : *Salmonella*, *Klebsiella pneumoniae* 825, *Klebsiella pneumoniae* 1766, *Bacillus cereus* ATCC 10876 alors qu'elles sont résistantes vis-à-vis de ces antibiotiques.

B. cereus et *S. aureus* se révèlent les plus sensibles envers l'extrait aqueux d'*Artemisia herba alba* avec des diamètres de 13 ± 3 et $12,7 \pm 1.3$ respectivement.

Par contre, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* 825, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* 1766, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352 étaient un peu plus résistantes envers l'extrait aqueux avec des diamètres de 9.2 ± 2.8 , 10.3 ± 0.8 , 12.2 ± 1.7 , 11 ± 2 , 7.6 ± 1.6 , 12.2 respectivement.

Les résultats obtenus par **Amamra et al., (2019)**, montrent que les souches *P.mirabilis*, *P.aeruginosa*, *K.pneumonia* et *A.baumannii* présentent une sensibilité vis-à-vis de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba-alba* Asso alors que les souches *S.typhumurium*, *S.enteridis*, *S.sp*, *S.aureus* et *E.coli* montrent une résistance contre ce même extrait.

Alors que les travaux portés par **Boudjelal, (2013)**, l'extrait méthanolique d'*Artemisia herbe alba* a donné des diamètres de : 18 ± 0.7 , 13 ± 0.6 pour *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* ATCC 25922 respectivement. Ces résultats se montrent plus importants, cela peut être dû au solvant utilisé.

Conclusion:

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et l'agriculture. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances bioactives, et d'autre part les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se retournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme.

Dans le présent travail, différents aspects de l'extrait aqueux d'*Artemisia herba alba* Asso ont été étudiés:

- Un screening phytochimique qui a permis de remarquer la présence des grands groupes chimiques,
- Une mesure spectrométrique de l'absorbance,
- L'évaluation de l'activité antibactérienne « *in vitro* » obtenue à l'aide de deux méthodes ; diffusion sur gélose (aromatogramme) et la méthode des puits.

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances d'origine naturelle biologiquement active, une étude *in vivo* est souhaitable, pour obtenir une vue plus approfondie sur l'activité antibactérienne et d'autres activités de l'extrait aqueux de cette plante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ababsa, N, Boukaous Hamamet Ellah, kH. (2018). Etude phytochimique et activités biologiques de l'extrait méthanolique d'*Artemisia herba alba*. Mémoire de Master, spécialité: biochimie de la nutrition, filière: sciences biologiques, domaine: sciences de la nature et de la vie, département de biochimie et biologie cellulaire et moléculaire, université des Frères Mentouri Constantine.
2. Abdullahi, AR, Haque M. (2020). Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of pharmacy bioallied sciences*, 12(1): 1.
3. Achat, S. (2013). Dietary polyphénols: extraction, antioxidant activity and metal ion interaction.
4. Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. En Co-tutelle : Université de Bejaia/ Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. Algérie/France. 261p.
5. Aïdoud, A. (1989). Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro-Oranaises, Algérie). Thèse doctorat en science, univ. sci. tech. H. Boumediene, Alger, 243 p.
6. Akula, R, Ravishankar, GA. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*. 6 (11): 1720-1731.
7. Al-Ghzawi AA, Juma'a KA, Al-Rawashdeh IM. (2012). Genetic and chemical variations among wild populations of a medicinal plant (*Artemisia herba-alba* Asso.) collected from different regions in Jordan. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10 (3-4): 26-31.
8. Al-Mustafa, AH, Al-Thunibat, OY. (2008). Antioxidant activity of some Jordanian medicinal plants used traditionally for treatment of diabetes. *Pak. J. of biol.sci.* 11(3): 351-8.
9. Amiri, R, Belhadj, N (2020). Etude phytochimique et activité antioxydant de l'Armoise blanche de la région de Boussaada, Mémoire de Master, option: système de production agro-écologique, spécialité: système de production agro-écologique, département de biotechnologique, faculte des sciences de nature et de la vie, université de Blida 1.
10. Amirzakariya, BZ, Shakeri, A. (2022). Bioactive terpenoids derived from plant endophytic fungi: An updated review. *Phytochemistry*. 113-130.
11. Amjad H. (2005). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielle et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen, thèse de Magistère. Université de Tlemcen. 140p.

12. Anton, R, Teuscher, E, Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris; Édition médicales internationales: Cachancedex: Technique et documentation. 544 p.
13. Asenso, J, Yang, XD, Yu, J, Zhou, P, Wang, C, Wei, W. (2015). Plant-based antiinflammatory agents: Progress from Africa and China. *Clinical Anti-Inflammatory & AntiAllergy Drugs (Discontinued)*, 2(1): 52-66.
14. Ashqer, II, Saadeddin I. (2015). Critical Behavior of the Density of Binary Liquid Mixture Cyclohexane –Phenol. Pages: 31-69.
15. Ayad, N, Benaraba, R, Hemid, H, Abdellah, F. (2022): Biological activities of phenolic extracts from *Artemisia herba-alba* Asso grown in western Algeria. *European Journal of Biological Research*. 12(1): 46-61.
16. Ayad. N, Benaraba, R, Hemid, H, Abdellah, F. (2022). Biological activities of phenolic extracts from *Artemisia herba-alba* Asso grown in western Algeria. *European Journal of Biological Research*. 12(1): 46-61.
17. Baba, A. (1990). *Les plantes médicinales en Algérie, édition le monde des pharmaciens, Balanseagla berrima* Desf. Lange. Mémoire de Master, université Ferhat Abbas – Sétif. p173.
18. Badiaga, M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de Docteur. Université de Bamako, Mali et Université Blaise Pascal – Clermont Ferrand II, France. 137 p.
19. Badiaga, M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. France.
20. Barboni T, (2006). Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de doctorat. Université de Corse Pascal Paoli.
21. Barboni, T. (2006). Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. These pour obtenir le grade de docteur de l'université del Corse. p 26.
22. Battandier, J. (1900). *Plantes médicinales*, Ed, Girald, Alger, 61 p.
23. Belhattab, R, Loubna, A, José, G, Barroso, LG, Pedro, A, Figueiredo, C. (2014). Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*. 7(2): 243-251.

24. Bellkhader, D. (2006). Plantes médicinales au Maghreb. Ed Le Fennec, Cassablanca, Maroc. 389p.
25. Benamira, I, Benhafed, D, Benabderrahmane, K. (2021), Évaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits aqueux d'*Artemisia herba alba* Asso et d'*Ajuga iva* L. Mémoire de Master, spécialité: toxicologie, filière: sciences biologiques, domaine: sciences de la nature et de la vie, département: biologie animal, université des Frères Mentouri Constantine 1.
26. Bendjilali, B, Richard, H, Liddle, P. (1984). Chémotypes d'armoise blanche du Maroc, congrès international de la société italienne de phytochimie. 131-151.
27. Bhattacharya, A. (2019). Effect of high temperature on crop productivity and metabolism of macro molecules. Academic Press. 217-308.
28. Botineau, M. (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Lavoisier édition Tec & doc. Paris, 15.
29. Boudjelal, A. (2013). Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajuga iva*, *Artemisia herba Alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. 61 p.
30. Bougoutaia, Y, Garcia, S, Garnatje, T, Kaid-Harche M, Vallès J, (2016). Genome size, chromosome number, and rDNA organisation in Algerian populations of *Artemisia herba-alba* (Asteraceae), a basic plant for animal feeding facing overgrazing erosion. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 73(2): 2043 2016.
31. Bouhadjera, K. (2005). Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* R.Br. et *Aristida pungens* L. Thèse de doctorat. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, Algérie. 143 p.
32. Bouhouia, A. (2020/2021). Etude de la dynamique de production des huiles essentielles chez l'Armoise blanche et ses activités thérapeutiques, thèse de Doctorat en sciences Biologique, spécialité: dynamique et biodiversité des écosystèmes, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Mohamed Chérif Messaadia – Souk Ahras.
33. Bouldjadj, R. (2009). Etude de l'effet antidiabétiques et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso chez des rats rendus diabétiques par streptozotocine. Mémoire de Magister en biologie

- cellulaire et moléculaire, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Mentouri Constantine, 111p.
34. Bouziane, Z. (2017). Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales de la région d'Azail (Tlemcen–Algérie) (Doctoral dissertation). p14.
 35. Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*. 56: 317-333.
 36. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3ème Ed Tec & Doc, Paris. 101-120.
 37. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Edition tec & doc, Paris. 783-823.
 38. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Technique et Documentation. 3^{ème} ed. Paris. France. p 1120.
 39. Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie-phytochimie-plantes médicinales. Lavoisier, France.
 40. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*. 94(3): 223-253.
 41. Carillon, A. (2009). Place de la Phytothérapie dans les systèmes de santé au XXI^{ème} siècle. Séminaire International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales. Djerba, Mars.
 42. Cavin, A. (1999). Investigation phytochimique de trois plantes Indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires: *Tinosporacispa* (Menispermacées). *Merremia emarginata* (Convolvacées) et *Oropea enneanda* (Annonacées) Thèse de doctorat Lausanne. p 241.
 43. Chaabna, N. (2014). Activités anticoccidienne des extraits d'*artemesia herba halba*. Thèse de magister, valorisation des ressources végétales, 61 p.
 44. Chaachouay, N. (2020). Etude floristique et ethno médicinales des plantes aromatiques et médicinales dans le Rif (Nord du Maroc). Thèse de doctorat national. Faculté des sciences de Kénitra. CED Sciences et Techniques. FD Sciences de la vie et de l'environnement, université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc.
 45. Chabrier JY. (2010). Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie. Thèse de Pharmacie, Sciences du Vivant [q-bio] / Sciences Pharmaceutiques, Université Henri Poincare, Nancy 1, 184 P.

46. Chemat Maisuthisakul, P, Suttajit, M, Pongsawatmanit, R. (2012). Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem.* 100: 1409-1418.
47. Chevallier, A. (2017). *Larousse des plantes médicinales*. Editeur: Larousse, pp: 336.
48. Collin, S, Crouzet, J. (2011). *Polyphénols et procédés: transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire*. Lavoisier.
49. Croteau, R, Kutchan, TM, Lewis, NG. (2000). Natural Products (Secondary Metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*. 1250-1318.
50. Crozier, A, Jaganath, IB, Clifford, MN. (2009). Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural product reports*. 26: 1001-1043.
51. Daglia, M. (2011). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current opinion in biotechnology*. 3: 1-8.
52. De Billerbeck, VG. (2007). Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie*. 5(5): 249–253.
53. Delaveau P. (1987). *Les épices, histoire, description, et usage des différents épices, aromates et condiments*. (Ed) Albin Michel. 372 p.
54. Delille, L. (2007). *Les plantes médicinales d'Algérie*. Éd. Berti, Alger, 122 P.
55. Di Ferdinando, M, Brunetti, C, Agati, G, Tattini, M. (2014). Multiple functions of polyphenols in plants inhabiting unfavorable Mediterranean areas. *Environmental and experimental botany*. 103: 107-116.
56. Diallo, A. (2005). *Etude de la phytochimie et des activités biologiques de Syzygium guineense willd. (MYRTACEAE)*. Thèse de Doctorat. Mali.
57. Djarroumi, A, Nacef, M. (2004). *Les plantes médicinales d'Algérie*. p 159.
58. Djebaili, S. (1987). *Rapport phyto - écologique et pastoral (Wilaya de Djelfa)*. Unité de recherche sur les ressources biologique terrestres, 159 p.
59. Dowd, CJ, Kelley, B. (2011). Purification Process Design and the Influence of Product and Technology Platforms. *Journal comprehensive biotechnology*. 799-810.
60. Eberhard, T, Robert, A, Annelise L. (2005.) *Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

- 61.Emberger, L. (1971). Travaux de Botanique et d'Ecologie. Masson et Cie. Paris, 520 p.
- 62.FAO. (1996). FAO, Rome (Italie); La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.
- 63.Ferchichi A. (1997). Contribution à l'étude cytotaxonomique et biologique d'*Artemisia herba-alba* Asso. en Tunisie près harienne. Acta Botanica Gallica. 144(1): 145-154.
- 64.Fort, G. (1976). Guide de traitement par les plantes médicinales et phytocosmétologie: (soins de beauté). Heures de France.
- 65.Fougère, BJ, Wynn, SG. (2007). Herb manufacture, pharmacy and dosing. In : Veterinary herbal medicine (Mosby Elsevier, p. 221-236).
- 66.Friedman, J, Orshan, G. (1975). The Distribution, Emergence and Survival of Seedlings of *Artemisia Herba-Alba* Asso in the Negev Desert of Israel in Relation to Distance from the Adult Plants. Journal of Ecology. 63(2): 627-632.
- 67.Friedman, J, Vaniç, İ, Dafni, Palewiteh, D. (1986). A. preliminary classification of Thehealingpotential of medicinal plants, based on a rational analysis of an Ethnopharmacological fieldsrieyamong Bedouins-in the Negevdesert. J Ethno. Jun. 16(2-3) :275-8.7.
- 68.Frydman, A, Liberman, R, Huhman, DV, Carmeli-Weissberg, M, Sapir-Mir, M, Ophir, R, Eyal, Y. (2013). The molecular and enzymatic basis of bitter/non-bitter flavor of citrus fruit: evolution of branch-forming rhamnosyl transferases under domestication. The Plant Journal. 73(1): 166-178.
- 69.Garnier, M, Delamare, V, Delamare, J, Delamare, T. (2004). Dictionnaire illustré des Termes de Médecine, 28^{ème} Edition. Paris: Éditions Maloine.
- 70.Gravot, A. (2008). Introduction au métabolisme secondaire chez les végétaux. Equipe pédagogique Physiologie Végétale, UMR 118 APBV. Université de Rennes. 1 - L2.
- 71.Gseyra, E. (2011). Étude phytochimique de deux Espèces pastorales. Ed. Eue France, 160.
- 72.Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. Molecular Aspects of Medicine. 27: 1-93.
- 73.Havsteen, BH. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacology & Therapeutics. 96: 67-202.
- 74.Havsteen, BH. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacology and Therapeutics. 96(2-3): 67–202.

75. Hellal, Z. (2011) Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister en biologie, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. Algérie. 78 p.
76. Hemingway, RW. (1992). Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In *Plant polyphenols: synthesis, properties, significance*. Laks P.E, Hemingway R.W New York.
77. Hendel, N. (2017). Etude phytochimique et activités biologiques de *Rosmarinus officinalis* L. et *Thymus ciliatus* de la région de M'sila: applications antifongiques. Thèse Doctorat. Université Ferhat Abbas. Sétif.
78. Hennebelle, T, Sahpaz, S, Bailleul, F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*. 2 (1): 3-6.
79. Hernandez-Ochoa, LR. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné (solvant/actif) d'origine végétale. Thèse de Doctorat. Institut national polytechniques, Toulouse. France. 255 p.
80. Hopkins, WG. (2003). *Physiologie Végétale*. Edition: De Boeck Supérieur. pp: 514.
81. Houamel, S. (2018). Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) dans l'Est Algérien: répartition actuelle, biodiversité, dynamique et conditions de durabilité. Thèse de doctorat. Biskra. Algérie.
82. Houari, M, Ferchichi, A. (2009). Essential oil composition of *Artemisia herba-alba* from Southern Tunisia. *Molecules*. 14, 1585-1594.
83. Iserin, P, Masson, M, Restellini JP. (2007) *Larousse des plantes médicinales. Identification, préparation, Soins*. Ed. Larousse. Paris. France. 335 p.
84. Iserin, P, Masson, M, Restellini, JP, Ybert, E, Moulard F. (1997). *Encyclopédie des plantes médicinales; Identifications, Préparations, Soins*. Ed: Larousse-Bordas pour l'édition originale en langue française, France. 10 P.
85. Iserin, P. (2001). *Encyclopédie des plantes médicinales*. Larousse. pp: 355.
86. Iserin, P. (2001). *Larousse des plantes médicinales, identification, préparation, soins*. 287 p.
87. Jocelyne, B. (2011). Les remèdes naturels en complément d'ordonnances allopathiques dans les pathologies ORL et broncho-pulmonaires. *Pharmacien*. p12.

- 88.Kahlouche, R. (2013). Evaluation chimique et activitéantibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse présentée en vue de l'obtention du doctorat en sciences. Université Constantine 1.
- 89.Kansole, MMR. (2009). Etude ethnobotanique, phytocuinique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicansis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia oppossta* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.
- 90.Kebili, Z. (2016). Contribution à l'étude de quelques activités biologiques des extraits de *Ephedra alata* de la région d'Ouargla. Mémoire de magister en biologie. Université Kasdi Merbah, Ouargla. Algérie. Page: 21.
- 91.Koemoth, P. (2010). Les plantes médicinales en Égypte pharaonique : Du mythe à la médecine. Culture Université de Liège.
- 92.Kunkele, U, Lobmeyer, TR, (2007). Plantes médicinales, Identification, Récolte, Propriétés et emplois. Edition parragon Books Ltd, 33 –318.
- 93.Laghouiter, OK, (2011). Etude des activités biologiques des huiles essentielles de menthe de la région de Ghardaïa. Mémoire de Magister. Université Amar Telidji _Laghouat.
- 94.Lahmar-Zemiti, B. (2001). Mécanismes de désertification dans une steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) cas de la région d'El May (Sud- Oranais, Algérie). Thèse de Magister, univ. sci. tech. H. Boumediene, Alger, 95 p.
- 95.Lazli, A, Beldi, M, Ghouri, L, Nouri, NEH. (2019). Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d'El Kala - Nord est algérien). Bulletin de la Société Royale des Sciences de Lièg.
- 96.Louis, S. (2004). Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines de légumineuses. Thèse de doctorat Spécialité : Analyse et Modélisation des systèmes biologiques. Institut national des sciences appliquées de Lyon. France. 27-44.
- 97.Macheix, JJ, Fleuriet, A, Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.
- 98.Macheix, JJ. (1996). Les composés phénoliques des végétaux: quelles perspectives à la fin du XX^{ème} siècle ? Acta botanica gallica, 143(6): 473-479.

99. Mansour, R. (2015). Évaluation de l'effet anti-inflammatoire des trois plantes médicinales: *Artemisia absinthium* L., *Artemisia herba alba* Asso et *Hypericum scabroides*. Thèse de doctorat en biologie. Université des sciences et de la technologie Mohamed Boudhiaf Oran. 29-30 p.
100. Morel, JM. (2008). Traité pratique de phytothérapie. Grancher éd., Paris.
101. Muramatsu, N, Kawasaki, H, Onoe, F, Ohshima, H, Kondo, T. (1990). Hemolysis by Amphoteric Surfactants. J. Jpn. OilChem. Soc. 39: 555-559.
102. Nabli, M. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phytoécologie tunisiennes. Eléments de botanique et de phytoécologie. Flore tunisienne 4 à 6. MAB, Laboratoire de botanique fondamentale et appliquée. 247, 186-188 p.
103. Nabli, M. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phytoécologie tunisiennes. Eléments de botanique et de phytoécologie. Flore tunisienne 4 à 6. MAB, Laboratoire de botanique fondamentale et appliquée. 247, 186-188 p.
104. Nabli, MA. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phytoécologie tunisiennes, tome. Ed. MAB, (Faculté des sciences de Tunis). 186-188 p.
105. Nabli, MA. (1989). Essai de synthèse sur la végétation et la phytoécologie tunisiennes. Tome 1. Ed MAB (faculté des sciences de Tunis): 186-188 p.
106. Nedjraoui, D. (1981). Evolutions des éléments bio gènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse 3^{ème} cycle, USTAB, Alger, 156 p.
107. Nogaret, AS, (2003). La phytothérapie : Se soigner par les plantes. Ed. Groupe Eyrolles, Paris, p191.
108. OMS. (2002). Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. Genève. 78 p.
109. Ouyahya, A, Viano, J. (1988). Recherches cytogénétiques sur le genre *Artemisia* L. au Maroc. Bol. Soc. Brot. 2(61): 105-124.
110. Ozenda P. (1958). Flora of Northern and central Sahara. National Center for Scientific Research, Paris.
111. Öztürk, M. (2012). Anticholinesterase and Antioxidant Activities of Savoury (*Satureja Thymbra* L.) with Identified Major Terpenes of the Essential Oil. Food Chemistry. 134(1): 48–54.

112. Paul, S, Ferdinand, P. (2010). Guide des plantes médicinales, paris. p. 8-11.
113. Paul, S. (1997). Guide des plantes médicinales, Delachaux et Niesetli. Ferdinand Pari, P396.
114. Porter, N. (2001). Essentiel oil and their production, crop and food research. Number 39.
115. Pourra, TY. (1974). Propriétés éco physiologiques associées à l'adaptation d'*Artemisia herba alba* Asso. plante désertique d'intérêt pastoral au milieu désertique. Thèse 3eme cycle Univ. Paris VI, 135 p.
116. Quezel P et Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales. Tomes II. Ed. Centre national de la recherche scientifique. Paris .624.
117. Ramakrishna, A Ravishankar, GA. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling and Behavior. 6(11): 1720-1731.
118. Ramendo, J. (1975). Projet Alfa: Rapport n°1, IV: Qu'est-ce que l'alfa? Ann. Inst. Nat. Agron: El Harrach, Alger, 21-24.
119. Raven, H, Evert, R, Eichhom, SE. (2000). Biologie Végétale (6^{ème} Ed). (B. Jules., Et M Charles, Trad.). Paris.
120. Raynaud, J. (2006). Prescription et conseil en aromathérapie. Internationales/Tec et Doc, Paris, pp 162–5.
121. Redjama, W, Benhamadi, F (2024). Les saponines végétales en tant qu'insecticide et antifongique naturels (Fabrication d'un bio insecticide). Mémoire de Master, spécialité: biologie et physiologie de reproduction végétale, filière: biologie végétale, domaine: sciences de la nature et de la vie, département de biologie et écologie végétale, université Frères Mentouri Constantine.
122. Remesy, C, Manach, C, Demigne, C, Texier, O. (1996). Nutritional interest of flavonoids. Institut National de la Recherche Agronomique. 32(1): 17-27.
123. Sanago, R. (2006). Le Rôle des Plantes Médicinales en Médecine Traditionnelle. Développement, Environnement et Santé. 10^{ème} école d'été de l'IEPF et SIFEE du 06 au 10 juin 2006, 53 p.
124. Seddik, K, Nadjat, I, Abderrahmane, B, Daoud, H, Lekhmici, A. (2010). Antioxydant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba alba* Asso. leaves and some phenolic Compounds. Journal of Medicinal Plants Research. 4(13): 1273-280.

125. Smadja, J. (2009). Les huiles essentielles. Colloque GP3A – Tananarive 2-3 juillet 2009. Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et des Sciences des Aliments (LCSNSA). Université de La Réunion. La Réunion, France. 50 p.
126. Sofowora, A. (2010). Les plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique 2ème Ed. Khartala. Suisse. P 171.
127. Sparg, S, Light, M, Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of ethnopharmacology*. 94: 219-243.
128. Strang, C. (2006). Larousse médicale. Édition Larousse. p. 1144.
129. Stuardo, M, San Martín, R. (2008). Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Ind. Crop Prod.* 27(3): 296-302.
130. Teng, H, Chen, L. (2019). Polyphenols and bioavailability: An update. *Critical reviews in food science and nutrition*. 59(13): 2040-2051.
131. Thelen, DG, Anderson, FC. (2006). Using computed muscle control to generate forward dynamic simulations of human walking from experimental data. *Journal of biomechanics*. 39(6): 1107-1115.
132. Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*. 2: 1231-1246.
133. Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12): 1231- 1246.
134. Vallès, J. (1987). Contribución al estudio de las razas ibéricas de *Artemisia herba-alba* Asso. *Boletim da Sociedade Broteriara*, 2(60): 5-27.
135. Wouessi, DD. (2011). Formes galéniques administrées par voie cutanée. TICE de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Grenoble. Université Joseph Fourier Grenoble 1. p 8.

المراجع باللغة العربية:

1. بقوادة مصطفى 2007 دراسة فيتوكيميائية للبيدات و الفينولات في بعض أنواع نوى التمر المحلي، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير جامعة قاصدي، مباح ورقلة، ص: 45.
2. سمير سرحان خليل 2022، النباتات الطبية بين الماضي و الحاضر، مقال علمي، قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الأنبار، العراق.
3. عطيات أحمد فرح 1995 موسوعة النباتات الطبية الميسرة، المؤسسة العربية للدراسات و النشر، الطبعة الثانية، بيروت، ص: 48.
4. قنديل ع ع، إبراهيم أ ك، 2007 إنتاج النباتات الطبية والعطرية والزينة، الطبعة الأولى، حقوق الطبع والنشر محفوظة لمركز التعليم المفتوح بكلية الزراعة، جامعة عين شمس، ص: 05، 10 و 11.